2e ANNÉE N° 18 30 SEPTEMBRE 1891

REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

LES PROCÉDÉS NOUVEAUX POUR LE RAFFINAGE DE L'ACIER

De nos jours, la fabrication de l'acier est sortie de l'empirisme pour devenir une opération chimique réglée par des principes rationnels. Le métallurgiste opère sur des masses énormes, comme le ferait un chimiste dans un creuset de laboratoire ; par l'addition de réactifs spéciaux, choisis en connaissance de cause et dosés avec précision, il produit à chaque instant du travail les transformations qu'il veut, corrige les défauts de la matière première, et obtient, presque avec certitude, un métal ayant la composition qu'il s'est proposée.

C'est surtout vers la fin de l'opération que le travail prend le caractère d'une vraie manipulation chimique. A ce moment, le métal est décarburé et partiellement oxydé ; on ajoute des réactifs divers destinés à corriger sa composition : c'est ce qu'on peut appeler la phase du raffinage ; la réussite y dépend presque exclusivement du bon choix de ces réactifs et de leur dosage.

Je me propose d'étudier les principes de cette opération délicate, et surtout de signaler deux procédés nouveaux qui commencent à s'introduire dans l'industrie, et dont la véritable portée est encore mal connue : je veux parler de l'emploi du carbone pur (procédé Darby) et de celui de l'aluminium.

I

Dans les anciens procédés de fabrication de l'acier naturel au bas foyer ou au puddlage, on cherchait à affiner incomplètement la fonte, de manière à n'oxyder qu'une partie du carbone et à en laisser dans le métal la dose voulue. Pour cela, il fallait opérer très lentement, et on ne réussissait bien qu'avec les fontes manganésées, parce que le manganèse, plus oxydable que le carbone, protégeait ce corps et en retardait l'élimination.

Quand Bessemer eut montré que par l'insufflation de l'air à travers la fonte en fusion, on pouvait oxyder le carbone en quelques minutes, et déterminer une élévation de température assez grande pour que l'acier restât fondu, cette découverte, qui devait révolutionner l'industrie, fut d'abord entravée dans son développement par bien des difficultés de détail.

L'une d'elles provenait de la puissance même du nouveau moyen d'affinage : on ne savait pas la modérer ; on dépassait le but ; une partie du fer se brûlait et on obtenait un mélange de métal et d'oxyde. L'addition de charbon ou de fonte pure pouvait bien restituer au bain le carbone nécessaire à la constitution de l'acier ; mais elle ne suffisait pas à détruire l'oxyde dont le mélange rend le métal presque impropre à tout usage.

Le nouveau procédé ne devint d'abord pratique qu'en Suède, où l'on traitait des fontes manganésées. Tant qu'il reste du manganèse à brûler, l'oxygène ne se porte pas sur le fer : on peut alors opérer par la méthode *directe*, c'est-à-dire qu'on arrête l'insufflation de l'air avant d'avoir éliminé tout le carbone, lorsqu'il en reste assez pour constituer la qualité d'acier qu'on veut obtenir.

Avec les fontes ordinaires, la méthode directe ne donnerait pas un métal sain, parce que l'oxyde de fer qui reste mélangé au bain, commencerait à

se former avant que la teneur en carbone fût réduite aux proportions voulues. Cela tient à ce que le carbone ne réduit pas cet oxyde aussi énergiquement que le manganèse.

Ces difficultés disparurent, et le procédé Bessemer put prendre son merveilleux essor dès qu'un autre métallurgiste anglais, Mushet, comprenant ce rôle du manganèse, imagina de l'introduire à la fin de l'opération, sous forme de fonte manganésée riche (*spiegel-eisen*, ou fonte miroitante).

Depuis, on opère presque partout suivant cette formule : c'est ce que l'on appelle la méthode *indirecte*. On insuffle l'air jusqu'à ce que tout le carbone soit brûlé ; on a alors un mélange de fer et d'oxyde, et on ajoute la dose voulue de *spiegel*, pour détruire l'oxyde, et recarburer le fer de manière à le changer en acier.

Cet alliage, qui contient 12 à 20 % de manganèse, et 5 à 6 % de carbone, a donc à remplir un double rôle : c'est à la fois un agent de raffinage et de recarburation. Le carbone se combine au fer ; le manganèse opère le raffinage en réduisant l'oxyde de fer. Il se substitue à ce métal pour former un oxyde plus fusible, qui, au lieu de rester mélangé au bain, se scorifie, passe à l'état de silicate et surnage. Le métal devient sain et homogène.

Ce réactif précieux est employé de la même manière quand on fabrique l'acier au four Martin. La fonte est alors fondue avec du fer sur la sole d'un four chauffé au gaz, et le carbone, au lieu de s'oxyder rapidement, s'élimine peu à peu par l'action de l'oxygène des flammes ou des scories. Mais on dépasse presque toujours le point, on prolonge l'opération jusqu'à décarburation presque complète, et on régénère le bain en ajoutant du *spiegel*.

Tant qu'on n'a disposé que de *spiegels* ordinaires, les nouveaux procédés ont été limités à la production d'aciers durs ou demi-durs. En effet, on ne peut réduire la dose de manganèse qu'on ajoute, au-dessous de la limite nécessaire pour détruire tout l'oxyde de fer. Il faut pour cela 8 à 10 % de *spiegel*. On est donc forcé d'introduire au moins $\frac{5}{1000}$ de carbone ; d'ailleurs, le métal retient toujours un peu de manganèse qui ne s'oxyde pas, et qui le durcit encore davantage. Dans ces conditions, l'acier a au moins 50 ou 60 kilos de résistance, et au plus 10 à 15 % d'allongement.

Pour faire des aciers plus doux, que fallait-il? Opérer le raffinage au même degré, tout en modérant la recarburation, c'est-à-dire introduire autant de manganèse avec moins de carbone. Comme on ne peut pas fabriquer de fontes manganésées qui ne soient très riches en carbone, le seul moyen était de les rendre plus riches en manganèse. Peu à peu on a surmonté les difficultés que présente la réduction du manganèse au haut fourneau, et on est arrivé à obtenir industriellement des alliages riches, des ferro-manganèses dont la teneur dépasse parfois 80 %.

On pouvait donc employer ce nouveau réactif à des doses trois ou quatre fois plus faibles, et réduire à moins de $\frac{2}{1000}$ la proportion de carbone qu'on ajoute (la teneur en carbone de ces alliages reste toujours à peu près la même).

On est arrivé ainsi à produire des aciers qui ne prennent plus du tout la trempe, dont la résistance peut descendre à moins de 40 kilos, et l'allongement aller à plus de 25 %. Ce sont de véritables fers doux fondus, plutôt que des aciers.

On peut employer moins de 1 % de ferro-manganèse riche ; il semblerait donc que la teneur en carbone pût être réduite à un demi-millième. Mais l'élimination de ce corps avant le raffinage n'est jamais rigoureusement complète : au moment où l'on arrête, il reste encore un à deux millièmes de carbone dans le bain. Si on allait plus loin, il se formerait trop d'oxyde de fer, et on serait obligé d'ajouter plus de ferro-manganèse. Il y a donc une limite minima imposée par la pratique, et ce n'est qu'avec des ferro-manganèses extra-riches qu'on peut arriver à fabriquer des aciers à deux millièmes de carbone.

Dans la fabrication de l'acier par les procédés basiques, les réactifs manganésés ont conservé leur rôle essentiel. On sait que la différence entre ces nouvelles méthodes et les anciennes consiste essentiellement à faire les opérations dans des fours garnis de dolomie ou de magnésie ; on peut alors, par des additions de chaux, obtenir des scories très basiques qui auraient rongé et dissous les revêtements siliceux, seuls employés autrefois. Ces scories deviennent capables d'absorber le phosphore à l'état d'acide phosphorique ; de sorte qu'on élimine ce corps nuisible et qu'on peut employer les fontes phosphoreuses, au lieu d'être obligé de choisir des fontes pures.

L'élimination du phosphore ne s'achève guère qu'après celle du carbone, qui, tant qu'il existe en quantité notable, réduit l'acide phosphorique. On est donc obligé de pousser l'affinage plus loin, on obtient un bain plus décarburé et plus chargé d'oxyde que dans le procédé acide.

On est donc amené, par suite, à ajouter plus de manganèse pour le raffinage. D'autre part, il y a intérêt à introduire le moins de carbone possible, pour éviter la réintégration du phosphore : car le carbone, réagissant sur l'acide phosphorique des scories, fait toujours repasser dans le métal un peu de phosphore réduit.

On emploie de préférence le ferro-manganèse

ou les *spiegels* riches. D'ailleurs, avant d'introduire le réactif, on procède à un décrassage soigné pour enlever autant que possible la scorie : le plus souvent, au lieu de faire l'addition dans le four comme autrefois, on place le ferro-manganèse dans la poche de coulée, et on verse dessus l'acier séparé des scories.

Avec ces précautions, on limite la réintégration du phosphore à un millième environ.

Dans le four basique, le manganèse a moins de tendance à se scorifier que dans le four acide, parce que la silice, qui a une grande affinité pour l'oxyde de manganèse, est déjà sursaturée d'autres bases. On perd donc moins de manganèse par oxydation directe, et il en reste davantage dans le métal.

Pour tous ces motifs, les aciers basiques sont, à dureté égale, plus manganésés et moins carburés que les aciers acides. La teneur en manganèse y atteint souvent près du double de la teneur en carbone.

Il est plus difficile de fabriquer par ce procédé des aciers durs, quoique ce ne soit pas impossible avec un décrassage très soigné, qui rend l'introduction du carbone à peu près inoffensive. En revanche, comme le manganèse à faible dose donne beaucoup moins de dureté que le carbone, on arrive à fabriquer des aciers extra doux, ayant 30 kilos de résistance et 30 % d'allongement, comme les fers les plus purs.

Tels étaient, il y a deux ans à peu près, les seuls procédés de raffinage employés pour les aciers ordinaires. Il nous reste à dire quelques mots des réactifs spécaux usités dans la préparation des aciers dits sans soufflures.

L'addition du *spiegel* dans l'acier fondu provoque un bouillonnement dû à la formation d'oxyde de carbone : le bouillonnement continue quand on verse le métal dans les lingotières, et quand il devient pâteux par le refroidissement, les gaz ne pouvant plus se dégager restent emprisonnés dans une foule de cavités qui rendent le lingot poreux. L'acier ne peut redevenir compact qu'après un forgeage prolongé, qui aplatit et ressoude ces soufflures.

Pour obtenir à la coulée un métal sain, susceptible d'être utilisé sous forme de moulage comme la fonte, on a cherché un réactif qui ne dégageât pas d'oxyde de carbone. On y est arrivé en faisant intervenir le silicium.

Ce corps, qui a pour l'oxygène plus d'affinité encore que le manganèse, l'absorbe et l'empêche de se porter sur le carbone. En ajoutant au bain de la fonte très siliceuse, non seulement il ne se produit pas de bouillonnement, mais on voit se calmer l'ébullition légère qui existait avant le raffinage, par suite de la petite quantité de carbone restée encore dans le métal.

On a d'abord employé le ferro-silicium (fonte à 10 à 15 % de silicium) ; mais on n'obtenait pas encore d'aciers tout à fait sains : on évitait bien les soufflures ; seulement la silice, en se combinant avec l'oxyde de fer, forme des silicates infusibles dont il reste de petits fragments dans le bain : le métal est souillé par le mélange de parcelles de scorie. On évite cet inconvénient par l'emploi du *silico-spiegel* : c'est une fonte difficile à fabriquer au haut fourneau, qui contient de 8 à 10 % de silicium, avec 15 à 20 % de manganèse. Ces deux corps s'oxydent à la fois et forment des silicates fusibles qui surnagent : le métal se sépare bien de la scorie.

Depuis qu'on sait obtenir cet alliage complexe au haut fourneau, la fabrication des moulages d'acier est devenue pratique, mais elle est restée délicate. Sans parler des difficultés provenant de la structure cristalline que le métal prend au refroidissement et qu'on cherche à modifier par des trempes convenables, le réactif doit être dosé avec précision. S'il reste du silicium dans l'acier, ce corps, surtout en présence du carbone, donne de l'aigreur au métal : il ne peut guère en supporter plus de 3 millièmes. D'autre part, si on n'en met pas assez, il reste des soufflures : il faut donc une grande expérience, une appréciation très exacte de l'état d'oxydation du bain, pour évaluer la dose convenable et le moment où l'addition doit être faite. En pratique, les moulages, surtout pour les grosses pièces, sont souvent de qualité irrégulière, et on n'arrive pas avec sûreté à la suppression totale des soufflures.

II

Tous les réactifs énumérés présentent ce caractère commun que le manganèse y joue un très grand rôle. En outre, c'est toujours d'un seul alliage qu'on se sert pour remplir un double but, le raffinage (qui consiste à réduire l'oxyde de fer) et la recarburation (qui consiste à transformer le métal en acier par la combinaison du fer avec du carbone). Il en résulte qu'il y a une relation *nécessaire* entre les quantités de carbone ajoutées et celles des corps servant au raffinage (manganèse ou silicium). Le rapport entre les deux teneurs $\frac{C}{Mn}$ est compris entre certaines limites. On a pu le diminuer au-dessous de 1 par l'emploi du ferro-manganèse : on ne peut le faire monter au-dessus de 1,50. En d'autres termes, on ne peut faire d'aciers contenant beaucoup de carbone et peu de manganèse

C'est un inconvénient grave quand il s'agit de fabriquer des aciers durs. Les bons aciers à outils, tels qu'on les obtient par les anciens procédés de cémentation et de fusion au creuset, sont des métaux purs, contenant 8 à 12 millièmes de carbone, et seulement des traces d'autres corps étrangers. Ces aciers ont des qualités précieuses; ils durcissent beaucoup par la trempe; mais ils ont du corps, et ne deviennent pas cassants. Les aciers durs riches en manganèse (les seuls qui fussent aciles à fabriquer par les procédés Bessemer ou Martin), sont aigres et éclatent à la trempe si on n'opère pas avec des soins tout particuliers.

Pour rester maître du dosage relatif du carbone et du manganèse, il n'y a qu'à les ajouter séparément. On a, en somme, deux réactions différentes, mais également nécessaires à produire : le raffinage, c'est-à-dire la réduction de l'oxyde de fer, et la recarburation. Pourquoi prétendre les réaliser avec un seul réactif? C'est se créer des difficultés gratuites. Ne vaut-il pas mieux séparer les fonctions et prendre pour chacune d'elles le corps qui la remplit le mieux, par exemple, faire d'abord le raffinage avec du ferro-manganèse, puis après avoir ainsi obtenu du fer à peu près pur, lui ajouter dans une autre forme, la dose de carbone nécessaire à la constitution de l'acier?

Cette solution, qui paraît si simple quand on a bien analysé les phénomènes, les praticiens commencent seulement à l'adopter aujourd'hui, et ils y sont arrivés par de longs détours.

Bessemer avait tout d'abord essayé les additions de charbon ou de fonte d'hématite (fonte pure, où le carbone n'est allié qu'à du fer). Il ne réussit pas, parce que le carbone seul ne réduisait pas assez énergiquement l'oxyde de fer dissout dans le bain. On avait demandé à ce corps un double service, celui d'agent de raffinage et de recarburation : il n'était propre qu'au second. On en conclut trop vite qu'il n'était bon à rien, qu'employé seul il s'alliait mal au fer, et dès qu'on eût découvert l'utilité du manganèse, on ne songea plus à employer autre chose que les alliages de ce métal.

Un ingénieur anglais, M. Darby, a repris récemment l'emploi du carbone. Il a cru d'abord qu'il fallait faciliter sa combinaison avec le fer par un contact prolongé, et il a construit des appareils où l'on faisait en quelque sorte filtrer l'acier fondu à travers du graphite ou du charbon de cornues. Le dispositif était compliqué : il ne permettait pas de régler facilement la dose de carbone absorbée. On a reconnu que cette complication était inutile.

Il suffit de placer le carbone en poudre dans la poche de coulée et de verser sur lui le métal fondu. La combinaison se fait très bien. La seule condition essentielle, c'est que le fer ait été préalablement désoxydé par l'addition d'un peu de manganèse.

On ajoute donc d'abord dans le four (après décrassage des scories), du ferro-manganèse ou du *spiegel* riche, en quantité strictement suffisante pour que l'oxyde de fer soit régénéré, mais qu'il ne reste que des traces de manganèse dans le bain. Le métal ainsi raffiné, mais peu carburé, est versé dans la poche où l'on a placé d'avance du charbon en poudre. On peut employer du graphite, du charbon de bois, de l'anthracite ou même du coke : il suffit que le carbone soit à peu près exempt de matières volatiles, et ne contienne pas trop de cendres.

Il en disparaît toujours un peu par l'oxydation; on peut compter que les $\frac{3}{5}$ environ du carbone ajouté se retrouvent dans l'acier. On obtient, par ce moyen, des aciers ayant le degré de carburation voulue, et dans lesquels la teneur en manganèse peut être limitée au besoin à 3 millièmes, dose où il est absolument inoffensif.

Je ferai remarquer l'analogie des nouvelles méthodes que je viens de décrire avec le procédé classique de la cémentation. Dans ce dernier (encore appliqué aujourd'hui pour les aciers à outil de qualité supérieure), on prend du fer pur en barres, obtenu par l'affinage lent de fontes de choix, on le carbure en le chauffant dans des caisses avec du charbon de bois, et on obtient ainsi des barres d'acier brut qu'il faut fondre au creuset pour avoir un métal homogène. Au Bessemer ou au Martin, on affine également la fonte jusqu'au bout, de manière à obtenir du fer pur : puis ce métal fondu est recarburé immédiatement. Les deux phases principales de l'élaboration restent les mêmes au point de vue chimique : mais elles se succèdent sans interruption et sont réunies dans une seule opération rapide, faite à haute température, dans des conditions où les réactions sont plus vives. Tout le travail, affinage, carburation et fusion, se fait d'un seul coup, sur de grandes masses, d'où une diminution considérable du prix de revient.

Pour compléter la comparaison, je rappellerai que lorsqu'on veut obtenir des fers supérieurs destinés à la cémentation, il faut affiner des fontes pures, plus ou moins manganésifères : dans les procédés actuels, on traite des fontes ordinaires, mais on ajoute du manganèse à la fin de l'opération. Ce corps joue donc le même rôle dans les deux cas. On croyait autrefois que certains minerais étaient seuls capables de fournir de l'acier, on leur attribuait une sorte de vertu mystérieuse, et cette superstition a été difficile à ébranler. Au fond, leur supériorité était de donner naturel-

lement des fontes manganésées exemptes de phosphore. Aujourd'hui, comme on sait enlever le phosphore et ajouter le manganèse, on peut prendre comme matière première n'importe quelle fonte.

J'ai dit plus haut que la combinaison directe du carbone avec le fer fondu se faisait très bien. Il ne faudrait pas en conclure qu'il est facile d'obtenir de grandes masses d'acier homogènes. Le carbure de fer a une tendance à se liquater ; l se réunit de préférence au centre et à la partie supérieure des lingots. Mais c'est là une difficulté qui n'est pas inhérente au procédé Darby. Elle se présente toutes les fois qu'on coule de grandes pièces, quelqu'ait été le mode de carburation.

III

Depuis que les nouveaux procédés électriques ont abaissé le prix de l'aluminium, on a employé ce métal au raffinage de l'acier : il a donné des résultats remarquables. Cependant, l'opinion n'est pas encore bien assise sur son efficacité réelle : certains auteurs l'ont beaucoup surfaite, et lui ont prêté des vertus incroyables. Ce nouveau métal a été prôné avec un enthousiasme allant parfois jusqu'au lyrisme. Les seuls métallurgistes qui, à ma connaissance, aient donné sur cette question des études impartiales et sérieuses, MM. Howe et Hadfield, n'ont pas manqué d'exercer leur *humour* aux dépens des panégyristes de l'aluminium. L'un se demande si le pouvoir occulte de ce réactif doit s'expliquer par une conjonction de planètes ; l'autre remarque qu'on lui attribue neuf propriétés spéciales, et que si on s'est arrêté à ce nombre, c'est sans doute en souvenir des neuf Muses.

Au risque de tomber sur un autre chiffre mystique, on peut reconnaître à l'aluminium trois avantages sur les réactifs employés jusqu'ici : 1° c'est un désoxydant énergique ; 2° il augmente la fluidité de l'acier doux ; 3° il prévient, mieux que tout autre corps, la production des soufflures.

1° L'aluminium, bien qu'il soit difficile à oxyder directement, réduit à chaud presque tous les oxydes métalliques. Par sa combinaison avec un équivalent d'oxygène, il dégage plus de chaleur qu'aucun autre élément, sauf les métaux alcalins et alcalino-terreux. C'est donc à ce point de vue un réactif plus énergique que le silicium et le manganèse. Plusieurs circonstances viennent augmenter son efficacité pour éliminer l'oxyde de fer de l'acier fondu. Il est fusible, léger et se mélange facilement au bain ; il se répand dans toute la masse ; il entre en contact intime avec toutes ses parties, ce qui facilite la réaction. En décomposant l'oxyde de fer, il donne l'alumine, corps léger, sans affinité pour l'oxyde de fer ni pour la silice ; cette alumine reste à l'état libre et se sépare facilement du métal ; on la retrouve en enduits blancs sur les géodes du haut du lingot : le manganèse, et surtout le silicium donnaient des oxydes qui formaient, avec celui du fer, des scories lourdes, plus sujettes à rester mélangées à l'acier. Il n'est donc pas étonnant qu'on obtienne plus facilement avec l'aluminium des lingots sains.

D'ailleurs, l'énergie de ce réactif permet de l'employer sans excès. Une dose d'un millième suffit en général : on dépasse rarement deux ou trois millièmes[1] ; presque tout s'élimine par l'oxydation : il ne reste dans le métal, à l'état d'aluminium allié, que des traces qui, souvent, échappent à l'analyse. C'est un avantage considérable de pouvoir opérer le raffinage avec de si petites quantités ; on n'est plus exposé à introduire dans le métal des corps étrangers en proportion assez forte pour altérer ses propriétés.

2° Un autre effet, moins facile à expliquer, mais incontestable, c'est que l'aluminium augmente la fluidité de l'acier. Un lingot auquel on en a ajouté se creuse beaucoup plus par le refroidissement, parce que le centre reste plus longtemps liquide et susceptible de se tasser. Il peut même en résulter des inconvénients : quand on coule directement dans les lingotières, comme cela se fait dans certaines usines, et qu'on place des morceaux d'aluminium au fond, comme le métal se solidifie instantanément sur les parois, le retassement produit au milieu un vide qui peut atteindre une longueur exagérée et rendre le lingot impropre à tout usage.

Pour expliquer cette fluidité, on a dit que la présence de l'aluminium abaissait sensiblement le point de fusion de l'acier : cette hypothèse est invraisemblable, si l'on songe qu'il ne reste dans le métal que des traces du réactif ; d'ailleurs, M. Osmond a reconnu qu'un acier à 5 % d'aluminium, c'est-à-dire en contenant 20 ou 30 fois plus que la dose ordinaire, a son point de fusion à peine inférieur de 25° à celui d'un acier pur.

On a proposé une explication plus rationnelle dans l'échauffement de température produit par l'oxydation de l'aluminium. Cet échauffement est réel, mais il doit être très limité. On l'a évalué à 40 ou 50° par des calculs qui me semblent peu rigoureux. La combinaison d'un équivalent d'oxygène avec l'aluminium dégage 65 calories ; mais il faut en défalquer 34 absorbées par la réduction d'un équivalent d'oxyde de fer. La chaleur de combinaison de l'aluminium avec le fer est certaine-

[1] Avec les anciens procédés, on ajoutait au moins 1 % de manganèse, dont la moitié seulement disparaissait par l'oxydation. Pour les aciers sans soufflures, la dose était analogue ; seulement le tiers ou la moitié du manganèse était remplacé par du silicium.

ment très faible par rapport à celle d'oxydation. Un gramme d'aluminium ne dégagera donc pas plus de 4 calories. Réparties sur 1 kilogramme de fer, dont la chaleur spécifique à l'état liquide est au moins de 0,20 (c'est à peu près sa valeur à la température de 1500°), elles ne produiront qu'un échauffement de 20°. C'est peu de chose par rapport aux effets constatés.

Il est probable que la fluidité s'accroît surtout par l'élimination plus complète de l'oxyde de fer : car il suffit de peu d'oxyde mélangé pour rendre un métal pâteux.

L'emploi de l'aluminium offre l'avantage de ne pas introduire du tout de carbone; il est donc spécialement indiqué pour la fabrication des aciers doux. Le métal connu sous le nom de *fer Mitis* est du fer presque pur coulé sous forme de moulages, grâce à l'addition d'un peu d'aluminium.

Pour les aciers durs, ce réactif réussit moins bien : on dit même qu'il les épaissit au lieu de les rendre plus liquides. Cela doit arriver surtout quand on ajoute des doses trop fortes, et qu'une portion considérable échappe à l'oxydation pour rester alliée au fer. Sous cette forme, l'aluminium, comme le silicium, jouit de la propriété de déterminer la séparation du carbone à l'état de graphite. Il détruit donc une partie du carbure de fer et modifie profondément la constitution de l'acier. Mais cet effet ne doit pas se produire avec de faibles doses.

3° L'expérience montre que l'aluminium ajouté, même en très petites quantités, arrête le bouillonnement de l'acier, bien mieux encore que les réactifs siliceux et permet d'obtenir des aciers sans soufflure. L'augmentation de fluidité, déjà signalée, diminue certainement les chances de soufflure. Mais par quel mécanisme ce réactif peut-il calmer subitement l'ébullition? Cette question se rattache à celle de la nature et de la cause même des dégagements gazeux. Nous ne pouvons que l'effleurer ici.

On sait que, dans un bain d'acier contenant de l'oxyde dissous, le carbone réagit sur cet oxyde et produit de l'oxyde de carbone qui s'échappe avec bouillonnement. On admettait autrefois que c'était la cause principale, sinon unique des dégagements gazeux. Cette idée, soutenue notamment par M. Pourcel, a conduit à des découvertes utiles, car c'est elle qui a engagé à étudier l'action du silicium, et qui a mis sur la voie des moyens de fabriquer l'acier sans soufflures.

L'action spéciale du silicium s'expliquait tout naturellement : il s'empare de l'oxygène en formant un produit solide, la silice; il prévient donc la formation de l'oxyde de carbone. L'aluminium doit évidemment produire le même effet, et d'une manière plus complète, parce qu'il a plus d'affinité pour l'oxygène.

Cette théorie simple, qui paraissait rendre compte de tous les faits, a cependant été battue en brèche par les expériences du Dr Müller. Il a montré que les gaz dégagés se composent, pour la majeure partie, d'hydrogène. Ainsi, le bouillonnement a surtout une cause physique : l'acier liquide contient, à l'état de dissolution, plus d'hydrogène qu'il ne peut en garder lorsqu'il est devenu solide. C'est cet excès qui se dégage pendant le refroidissement. Pour qu'il n'y eût pas de dégagement, il faudrait que tout le gaz dissous à chaud pût rester dans le métal, c'est-à-dire que sa solubilité ne diminuât pas avec la température.

Or, MM. Troost et Hautefeuille ont montré que le silicium diminue la solubilité à chaud, dans l'acier fondu : d'autre part, le manganèse augmente la solubilité à froid, dans l'acier solide. Les aciers manganésés, tout en n'ayant pas de soufflures, contiennent beaucoup plus d'hydrogène occlus que les autres.

Ainsi, la présence simultanée de ces corps (qu'on introduit par le *silico-spiegel*) peut réaliser la condition demandée, la proportion d'hydrogène que dissout le bain cesse d'être supérieure à celle qui pourra rester occluse dans le lingot ; il n'y a plus de raison pour que ce gaz se dégage.

Ces réactifs n'auraient donc qu'une action physique. Cette explication parfaite en théorie, n'est pas cependant de nature à satisfaire entièrement ceux qui ont observé le phénomène dans les usines. Elle ne rend pas bien compte de l'apaisement subit qui se produit par des additions de réactif en quantité très faible. Un corps étranger ne peut modifier les propriétés physiques d'un métal qu'à condition d'y rester en proportions sensibles : comment se fait-il que l'aluminium, celui des réactifs qu'on ajoute à la dose la plus faible, et qui s'élimine le plus complètement, soit en même temps celui qui apaise le mieux les dégagements gazeux?

N'y a-t-il pas là un fait de nature à montrer que l'action chimique a une importance prépondérante, car l'aluminium, qui s'oxyde presqu'en entier, ne saurait modifier notablement les propriétés du métal et son efficacité supérieure ne peut guère s'expliquer que par la réaction énergique exercée sur les oxydes.

Je proposerai à ce sujet, une hypothèse qui m'est suggérée par la comparaison de phénomènes analogues plus faciles à étudier. On sait que, dans un liquide sursaturé de gaz dissous, l'agitation peut provoquer un dégagement qui n'avait pas lieu : c'est ainsi qu'on fait mousser le champagne ou la bière en frappant sur la bouteille. On produirait le même effet en y insufflant de l'air. D'autre part la présence

de bulles d'air libre dans un liquide facilite le dégagement des vapeurs : l'ébullition de l'eau est retardée quand elle est absolument privée d'air.

Si donc nous considérons un bain d'acier sursaturé d'hydrogène dissous, l'équilibre pourra se trouver rompu par la naissance, au sein de cette masse, de bulles d'un autre gaz libre, et ce phénomène provoquera le dégagement d'une partie de l'hydrogène. C'est ce qui arriverait quand il se produit de l'oxyde de carbone, et il suffirait d'empêcher sa formation pour que l'hydrogène restât dissous.

L'oxyde de carbone, tout en ne formant qu'une faible partie du dégagement gazeux, serait l'agent nécessaire et suffisant pour amorcer le bouillonnement. On s'expliquerait ainsi que les réactifs capables d'absorber l'oxygène sans produire des gaz calment l'ébullition même à dose très faible. Les idées soutenues par M. Pourcel et confirmées par des résultats pratiques se trouveraient ainsi d'accord avec la théorie ; l'oxyde de carbone serait bien le véritable ennemi, non par lui-même, il est vrai, mais par son action indirecte sur les autres gaz dont il provoque le dégagement.

Je ne prétends pas nier l'action physique que ces mêmes corps peuvent exercer en modifiant la solubilité de l'hydrogène. Je la crois réelle, surtout pour le manganèse, car cet élément ne prévient les soufflures qu'à condition de rester dans l'acier en proportion assez forte. Pour le silicium, qu'on emploie à dose beaucoup plus faible, et dont il reste peu dans le métal, s'il modifie avantageusement la solubilité, il doit aussi une partie, peut-être la plus importante, de son efficacité à son action chimique, à sa propriété d'empêcher la production d'oxyde de carbone [1]. Enfin l'aluminium, qu'on emploie à dose homœopathique et qui disparaît presque tout entier, doit jouer exclusivement un rôle chimique, en absorbant tout l'oxygène sans production de gaz.

En somme, tous les avantages de l'aluminium seraient la conséquence indirecte de la facilité avec laquelle ce corps élimine l'oxyde de fer : ils se rattacheraient à une seule et même propriété, son affinité pour l'oxygène, jointe à sa fusibilité qui lui permet de réagir rapidement sur toute la masse liquide. A ce point de vue, les métaux alcalins et le magnésium pourraient seuls l'égaler, peut-être le surpasser, si leur emploi était pratique.

Quoi qu'il en soit, on emploie avec succès l'aluminium pour éviter les soufflures dans les aciers moulés, qui ont en général une résistance de 50 à 60 kilos et une teneur en carbone de 5 à 6 millièmes. Souvent on commence le raffinage avec du *spiegel*, qui sert en même temps à recarburer, puis on ajoute l'aluminium dans la poche de coulée, où sa présence calme instantanément l'ébullition. On obtient ainsi des moulages plus sains que par l'emploi du *silico-spiegel*.

On a d'abord employé l'aluminium sous forme d'alliage avec le fer. Le ferro-aluminium, tel qu'on le fabriquait au début des procédés électriques, ne contenait pas plus de 10 0/0 de métal actif. Cet alliage avait l'inconvénient d'être très peu fusible. Il fallait le chauffer au blanc avant de l'ajouter à l'acier. D'ailleurs, il ne peut se conserver longtemps sans altération. Peu à peu on a fabriqué des alliages plus riches. Aujourd'hui on emploie de préférence l'aluminium pur (du moins celui qui est vendu sous ce nom, mais qui est loin d'approcher de l'état de pureté chimique). Grâce à sa grande fusibilité, on peut en placer les morceaux froids dans la poche de coulée. Ils fondent au contact de l'acier, et s'élèvent à travers le bain en réagissant vivement sur toutes ces parties. La réaction est immédiate et le contact intime.

Plusieurs praticiens admettent aujourd'hui qu'il faut employer, dans la fabrication de l'acier, de l'aluminium pur. Cette opinion ne me paraît pas justifiable ; je serais bien tenté d'y voir une de ces superstitions qui s'accréditent souvent en métallurgie, par suite de la difficulté où l'on est d'analyser tous les facteurs des phénomènes complexes dont on ne saisit que le résultat pratique.

Les deux corps qui se rencontrent dans l'aluminium pur sont le fer et le silicium. Au point de vue des réactions chimiques, il est bien évident que la présence du fer est indifférente. Quant au silicium, son action est la même que celle de l'aluminium ; il n'y a qu'une différence d'intensité : sa présence, à dose modérée, ne peut donc être nuisible. La seule condition à remplir, c'est que ces deux corps ne soient pas en quantité suffisante pour modifier les propriétés physiques de l'alliage, surtout sa légèreté et sa fusibilité.

Le fer, à moins de 5 ou 6 0/0, ne semble pas avoir d'action sensible. Le silicium ne modifie pas la densité, et il augmente la fusibilité.

Je crois que des alliages à 10 ou 15 0/0 de silicium, avec 6 ou 10 0/0 de fer, remplaceraient parfaitement l'aluminium pur. Leur adoption par les fabricants d'acier offrirait un grand intérêt : on pourrait les fabriquer à beaucoup plus bas prix

[1] Je sais que les expériences du Dr Müller ne sont pas favorables à cette manière de voir : ce savant a constaté qu'en ajoutant le *silico-spiegel* dans la lingotière, à l'acier bien séparé des scories, le silicium s'oxyde fort peu et reste dans le métal : son action serait donc surtout physique. Mais ces expériences supposent la connaissance exacte de la composition du bain avant et après l'addition : et il est impossible de faire une prise d'essai qui corresponde sûrement à la composition moyenne. D'ailleurs, il y a fort peu d'oxygène à absorber, et l'action chimique peut être réelle quoique la quantité de réactif disparue soit très faible.

que l'aluminium, parce qu'on les obtiendrait en soumettant à l'électrolyse la bauxite brute [1]. On pourrait même songer à utiliser le métal très siliceux extrait des argiles ordinaires.

Il est à désirer que des essais méthodiques viennent trancher la question, déterminer l'effet que produit dans le traitement de l'acier l'aluminium siliceux, et la limite de teneur au-dessus de laquelle le silicium offrirait des inconvénients réels.

L'aluminium étant un réactif cher, il y a intérêt à en réduire la consommation. Lorsqu'on n'aura pas de raison pour proscrire absolument le manganèse, il semble logique d'adopter la formule suivante : 1° Raffinage par le ferro-manganèse (aciers doux) ou par le *spiegel* (aciers durs), ces réactifs étant ajoutés dans le four ou dans une première poche de coulée, s'il faut éviter leur action sur les scories phosphoreuses ; 2° Transvasement dans une poche où on a placé le carbone en proportion nécessaire pour achever la carburation, avec quelques fragments d'aluminium pour éviter les soufflures.

Chaque élément est ainsi introduit à part, à la dose juste convenable pour remplir son rôle spécifique : le manganèse intervient d'abord comme réducteur des oxydes, plus efficace que le carbone et moins coûteux que l'aluminium; le carbone arrive à son tour pour se combiner au fer épuré, et l'aluminium est là pour empêcher le carbone de s'oxyder en provoquant des dégagements gazeux et des soufflures.

Le travail est ainsi parfaitement réparti ; l'élaboration complète, le procédé élastique, facile à régler, et on peut obtenir à quelques millièmes près un métal de composition déterminée.

Le transvasement de la première poche de coulée dans la seconde, que j'ai indiqué d'une manière éventuelle, n'est pas comme on pourrait le croire, une complication matérielle fâcheuse. Il a l'avantage de mieux brasser le métal, et de le rendre plus homogène : on l'a déjà, pour ce motif, adopté dans plusieurs aciéries où il n'a pas d'autre raison d'être et où on n'ajoute aucun réactif spécial dans la seconde poche.

M. Hadfield a montré dans une série d'études sur l'acier à l'aluminium que ce corps avait sensiblement la même action que le silicium. Il se demande si sa supériorité n'est pas seulement apparente, et due à ce qu'on l'emploie à peu près pur tandis que le silicium n'est introduit qu'à l'état d'alliages pauvres (le ferro-silicium ordinaire ne dépasse guère la teneur de 10 0/0; il atteint au plus celle de 15 à 20). Dans cette hypothèse, le silicium pur, ou du moins des alliages riches de ce corps, si on arrivait à en préparer à bon marché, pourraient prendre dans la fabrication de l'acier la place de l'aluminium.

Je ne partage pas entièrement cette opinion: l'aluminium offre deux avantages qu'il ne perdra pas : 1° son affinité plus grande pour l'oxygène, démontrée par ce fait qu'il réduit la silice, en fait un réactif plus énergique pour la désoxydation ; 2° sa fusibilité lui permet de se mélanger au bain plus rapidement, plus intimement que le silicium, et en rend l'emploi plus facile.

Je crois donc que l'emploi de l'aluminium est appelé à se généraliser pour toutes les variétés d'acier, de même que le procédé Darby doit devenir d'une application courante pour les aciers durs. Bien compris et bien maniés, ces deux procédés permettront sans doute à l'industrie de sortir du cercle des aciers manganésés, et de fabriquer en grand, au Bessemer ou au Martin, les aciers supérieurs exclusivement carburés, qui jusqu'à présent ne pouvaient se faire qu'au creuset.

U. Le Verrier,
Professeur de Métallurgie
au Conservatoire des Arts et Métiers.

[1] Ce problème a déjà été résolu par M. Adolphe Minet (*Comptes rendus de l'Académie* du 25 mai 1891, p. 1215.)

LE CONGRÈS D'HYGIÈNE DE LONDRES

Le *Congrès international d'Hygiène* est triennal. Dans sa deuxième réunion, qui avait eu lieu à Vienne, Londres avait été désigné comme le siége du prochain congrès.

L'Angleterre a su réaliser dans le vaste domaine de l'hygiène d'importantes réformes dont les résultats sont déjà très appréciables et qui méritent de fixer l'attention des médecins et législateurs du monde entier. Nous ne sommes donc point surpris que le Congrès qui vient de se tenir à Londres y ait attiré plus de deux mille sept cents hygiénistes. Mais le nombre des membres d'une réunion, leur qualité même ne suffisent pas pour la rendre utile. Sans aller jusqu'à dire avec le grand journal médical anglais, *The Lancett*, que le Congrès, considéré dans ses résultats, a été un échec, — *a failure*, — on doit constater qu'aucune décision importante n'y a été prise. Tandis que dans les réunions précédentes quelques grandes questions avaient été discutées, puis soumises au vote de l'assemblée, rien de pareil n'a eu lieu cette année.

Bien que l'hygiène ne soit pas une science théorique et n'ait, en somme, sa raison d'être que dans les applications, il serait cependant injuste de contester l'importance du dernier Congrès. Les dispositions sanitaires découlent, en effet, des recherches scientifiques, et plusieurs de celles qui ont été exposées offrent, pour la pratique de demain, un intérêt évident.

Voici le résumé très succinct des principales communications faites sur les sujets à l'ordre du jour :

I. — De l'immunité

Le Dr Roux (de Paris) ouvre la discussion, en rappelant que c'est à M. Pasteur que l'on doit les méthodes d'atténuation des virus, soit par l'action d'agents physiques (température, lumière, oxygène) soit par le passage dans des animaux d'espèces différentes. Il expose les résultats obtenus au moyen des vaccins chimiques, et insiste sur l'obscurité qui règne encore sur leur mode d'action, si dissemblable qu'on peut supposer l'existence de plusieurs produits distincts, les uns toxiques, les autres vaccinants.

M. Roux discute ensuite les faits invoqués contre la théorie phagocytaire : il montre que la qualité bactéricide des humeurs peut être impuissante à produire l'immunité et, dans bien des cas, sinon tous, ne suffit pas à en rendre compte ; puis il expose des expériences remarquables, faites avec M. Metchnikoff, d'où il résulte que les sérums dits *microbicides* et *prophylactiques* agissent de deux façons à la fois : 1° en atteignant dans leur vitalité une certaine quantité des germes pathogènes introduits avec eux ; 2° en provoquant par appel chimiotactique, au lieu même de l'injection, une abondante accumulation de leucocytes qui dévorent les microbes infectieux [1]. Enfin il explique l'immunité acquise par l'accoutumance des leucocytes aux produits microbiens.

M. Metchnikoff, très applaudi par l'assistance, traite de la théorie de la Phagocytose, qu'il a déjà exposée ici même [2].

Cette théorie rencontre des adversaires dans MM. Buchner (de Munich), Fodor (de Buda-Pesth), Babès (de Bucharest), Hankin (de Cambridge). Ce dernier formule ainsi sa conception de l'immunité : L'immunité, soit naturelle, soit acquise, est due à la présence de substances formées par le métabolisme de l'animal plutôt que par celui du microbe, ces produits ayant pour effet soit de détruire le microbe lui-même, soit de neutraliser les subsances pathogènes qu'il sécrète. M. Hankin ajoute, du reste, que cette théorie n'exclut pas les autres agents de protection et que chez certaines espèces l'immunité peut dépendre, soit partiellement, soit même totalement, d'autres facteurs. Pour lui, l'action bactéricide est due à l'existence, dans le sang, de protéïdes défensives, notamment d'un ferment particulier, le *cell globulin* B, qu'il ne paraît pas, du reste, avoir isolé.

II. — Etiologie et prophylaxie de la diphtérie.

M. Bergeron (de Paris), après avoir montré les ravages toujours croissants que fait la diphtérie en France (5.000 victimes par an), insiste sur la nécessité d'une désinfection énergique et complète. C'est par contagion directe que la maladie se propage. C'est donc contre les fausses membranes et les liquides de jetage qu'il faut diriger tous les efforts. Tous les objets susceptibles d'avoir été souillés doivent être désinfectés, ce qui, dans les grandes villes au moins, est très réalisable. Il n'en est pas de même de l'isolement : il y a encore trop d'inconnues : à quelle période du début la diphtérie est-elle transmissible ? Pendant combien de temps le convalescent reste-t-il dangereux ? Quelle quarantaine faut-il imposer aux enfants simplement suspects ? Il est encore difficile, selon lui, de rien préciser à ce sujet.

M. Seaaon (de Londres) fait remarquer que la diphtérie ne suit pas les lois qui paraissent régir les autres affections infectieuses. Elle est plus répandue dans les campagnes que dans les villes. Les mesures d'hygiène paraissent sans influence sur son développement. C'est ainsi qu'en Angleterre la mortalité par diphtérie a augmenté à mesure que l'on a entrepris des travaux importants pour l'amenée d'eau pure et l'assainissement des égouts, contrairement à ce que l'on observe pour la fièvre typhoïde.

M. Schrevens (de Tournai) arrive, en s'appuyant sur la statistique belge, à des conclusions opposées à celles de l'orateur précédent. La fièvre typhoïde et la diphtérie suivraient une marche parallèle, diminuant toutes deux dans certaines régions, présentant au contraire une recrudescence dans d'autres. Les deux affections seraient d'origine fécale ; toutefois le bacille de Lœffler se développerait surtout à la surface du sol, tandis que le bacille d'Eberth aurait le fond du sol pour habitat. Dans les campagnes les progrès de la dipthérie s'expliquent facilement par le séjour du bacille dans les nombreux immondices amassés à la surface du sol.

M. Adams (de Londres) admet un rapport constant entre les épidémies de diphtérie et les oscilla-

[1] Ce remarquable discours, que nous regrettons de ne pouvoir analyser, vient de paraître dans les *Annales de l'Institut Pasteur* (n° du 25 août 1891).

[2] Metchnikoff. Recherches nouvelles sur la Phagocytose dans la *Revue* du 30 juillet 1890, t. I, page 425.

tions de la nappe d'eau souterraine. Ces oscillations ont, selon lui, pour effet, de déplacer le micro-organisme, d'en favoriser le développement, puis la dissémination au moment de la dessiccation du sol.

III. — Étiologie de la malaria.

M. Laveran décrit les formes sous lesquelles se présente l'hématozoaire de la malaria, qu'il s'attache à différencier des hématozoaires signalés chez les oiseaux par Danilewsky, par des considérations tirées de la morphologie et surtout des études expérimentales : jamais les injections de sang palustre n'ont déterminé l'infection chez les oiseaux.

M. Crookshank admet volontiers que la malaria a pour agent les organismes décrits par M. Laveran ; mais il ne faut pas oublier, dit-il, que l'on rencontre également des hématozoaires chez les animaux sains.

M. Hueppe (de Prague), admet absolument les vues de M. Laveran, tandis que M. Noth, après avoir fait remarquer que le plasmodium n'a jamais été trouvé dans le sol ni dans l'eau incriminés, que les injections de liquides ayant lavé des terres malariques n'ont donné aucun résultat, croit qu'il s'agit d'un organisme plus élevé que ceux de M. Laveran. Les opérations chirurgicales suffisent dans les pays tropicaux pour faire éclater la fièvre intermittente, et le *schock* seul suffit peut-être à modifier la thermogénèse déjà impressionnée par les conditions climatériques.

IV. — Étiologie du choléra.

M. Hueppe indique les résultats qu'il a obtenus en cultivant le bacille virgule dans des milieux artificiels. Il a réussi à déterminer la mort chez les animaux injectés avec ces cultures ; il insiste sur l'élaboration des poisons chimiques par le bacille dans l'intestin. — MM. Klein et Cunningham n'admettent pas au contraire la spécificité du *bacille virgule;* il existe toujours en trop petite quantité dans l'intestin des cholériques pour produire les effets observés ; quant à sa forme, elle est très variable, puisque M. Cunningham a pu noter huit bacilles virgules différents par la forme et le mode de culture. Le *Komma bacillus* se rencontre enfin dans la muqueuse du cobaye et du singe. — M. Bruce fait observer à ce sujet que es cobayes ont tous succombé à des cultures pures de bacilles, alors que les rats résistaient. Le bacille se cultive bien à l'intérieur des œufs et y conserve longtemps sa virulence.

V. — Étiologie de la fièvre typhoïde.

M. Schneider (de Paris), chargé par l'Administration de la Guerre d'exposer au Congrès les travaux entrepris pour lutter contre la fièvre typhoïde, donne les chiffres officiels qui indiquent les progrès accomplis. Le nombre des cas, qui était de 6.000 en 1887, serait tombé au-dessous de 4.000 en 1890, soit une diminution de 30 %. Cette amélioration viendrait principalement de l'approvisionnement en eau pure de toutes les garnisons, soit qu'il s'agisse d'eau de source, soit que l'eau soit filtrée.

Les médecins anglais ont laissé de côté la question du contage par l'eau ; ils ont surtout étudié la fièvre typhoïde dans les Indes. Le Dr Noller insiste sur la facilité avec laquelle les jeunes recrues contractent l'affection, surtout s'ils débarquent pendant la saison chaude ; il demande le retour aux vieilles troupes coloniales, faisant de longs congés.

M. Harvey montre combien il est difficile d'établir des statistiques comparatives sur la fièvre typhoïde, étant données les divergences de diagnostic pour certaines maladies. C'est ainsi qu'il existe dans les pays tropicaux certains cas que l'on désigne sous le nom de fièvre typhoïde malarique et qui ne paraissent pas être la fièvre typhoïde, mais plutôt une malaria avec symptômes typhoïdiques.

Cette opinion paraît généralement admise, malgré l'assertion du Dr Godfrey, des États-Unis, qui aurait trouvé, chez les mêmes malades, le bacille d'Eberth et le plasmodium de Laveran.

M. Arloing communique les recherches de MM. Roux et Rodet, tendant à démontrer que le *Bacille d'Eberth* n'est qu'une simple variété du *Bacillus Coli communis*, recherches connues de nos lecteurs [1].

VI. — Nature infectieuse du cancer.

MM. Shattock et Ballance décrivent les tentatives entreprises jusqu'ici pour cultiver les soi-disant microbe du cancer, ou inoculer des parcelles cancéreuses ; toutes ont jusqu'ici échoué. Telle est en résumé la conclusion de ces auteurs.

MM. Duplay et Cazin n'admettent pas que l'on puisse actuellement conclure à l'existence des coccidies dans les cancers épithéliaux.

Ces importantes questions seront traitées ultérieurement avec plus de détail dans la *Revue*.

VII. — Intoxications alimentaires.

Les aliments avariés peuvent déterminer des affections bien caractéristiques et qui sont nettement d'origine infectieuse. M. Ballard décrit les variations observées dans la période d'incubation, quelquefois nulle, et les explique par le double

[1] Voyez la *Revue* du 30 mars 1891, t. II, p. 178.

mécanisme de l'intoxication : Les micro-organismes peuvent être ingérés avant qu'ils aient produit dans l'aliment une quantité suffisante de poisons chimiques : il y a alors incubation; les symptômes morbides n'apparaissent qu'avec le développement de la bactérie dans le corps. Si, au contraire, les poisons chimiques sont en quantité suffisante, on assiste à une véritable intoxication chimique, rapide et se produisant d'emblée. La propreté la plus rigoureuse dans le traitement des viandes est le moyen préventif par excellence.

M. Vaughan insiste également sur les bactéries qui peuvent se trouver dans les aliments, soit qu'elles proviennent d'animaux atteints eux-mêmes d'une maladie infectueuse, soit qu'il s'agisse d'organismes saprophytes.

M. Raphaël Blanchard rappelle que certains animaux, des poissons notamment, ont une chair toxique par elle-même, par suite de la présence de leucomaïnes physiologiques.

A propos des maladies infectueuses des trayons de la vache, transmissibles à l'homme, M. Chauveau fait remarquer que la fièvre aphteuse et la vaccine sont les deux seules affections qu'il a reconnues transmissibles de la vache à l'homme. En ce qui concerne l'identité de la vaccine et de la variole, il n'a jamais pu transformer la variole en vaccine par le passage sur le veau.

VIII. — La question des égouts

M. James Lemon compare le système anglais au système français. La description de ce dernier est un peu faite pour les besoins de la cause. Si le principe anglais est d'entraîner rapidement toutes les matières excrémentitielles, grâce à une pente rapide et une grande masse d'eau (120 litres au moins par habitant), les nouveaux travaux effectués en France, et le système d'appareil de chasse, permettent d'arriver presque au même résultat. Le système anglais diffère surtout du système français en ce que l'enlèvement des eaux ménagères est toujours au premier plan, tandis qu'en France on se préoccupe plus spécialement de la disparition des eaux provenant du lavage des rues.

M. Thresh soutient que, pour purifier les eaux d'égout, il est nécessaire d'utiliser plusieurs procédés combinés de désinfection : procédés mécaniques, chimiques ou électriques. Il critique successivement la décantation, la filtration sur le sable, et tous les procédés isolés. Aussi arrive-t-il à préconiser le système essayé en Angleterre depuis quelque temps et qui consiste à traiter les eaux décantées par la saumure de hareng et la chaux : la saumure agit comme antiseptique et la chaux précipite les matières.

M. Carpener insiste sur la nécessité d'utiliser les principes fertilisants que renferment les eaux d'égouts. Il montre que les irrigations faites avec les eaux d'égouts n'exercent aucune influence délétère sur la population, que les produits de culture obtenus n'offrent aucun danger, que l'eau sort pure des champs d'irrigation. La proposition suivante, présentée par le président, M. Roscoe, n'a été votée qu'après une vive opposition de quelques membres : « *L'assemblée est d'avis que la meilleure manière de disposer les eaux d'égouts des villes est de les purifier et de les utiliser au moyen du sol.* »

IX. — Influence des brouillards sur l'état sanitaire

Les recherches poursuivies à Manchester par la Société d'étude des sciences naturelles avaient pour objet de déterminer l'influence qu'exercent sur la composition de l'air : la densité de la population, l'état sanitaire des différentes parties de la ville, la fumée et le dégagement des gaz et des vapeurs industrielles, les brouillards. Pendant les brouillards, la quantité d'acide sulfurique contenue dans l'air est considérablement augmentée. Les variations sont de 1 à 26. L'analyse de la neige a montré que, pendant trois jours de brouillard, il était tombé dans le centre de la ville 10 à 30 milligrammes d'acide sulfurique par mille carré. L'examen des dépôts faits sur les feuilles des arbres explique la difficulté que rencontrent les plantes à se développer dans les villes.

Le Dr William proteste contre les mauvais effets attribués aux brouillards. S'ils ont causé quelquefois des bronchites ou des pneumonies, ils ont parfois aussi exercé une salutaire influence sur les asthmatiques. Telle n'est pas l'opinion de M. Hart. Si quelques asthmatiques, en petit nombre, se trouvent bien des brouillards de Londres, les chiffres montrent que durant les périodes de grands brouillards la mortalité est accrue de beaucoup. Ce sont les maisons particulières qui sont la source principale des fumées qui planent sur les villes; il serait à désirer qu'une loi intervînt pour réglementer les appareils de chauffage. M. Honglon appuie cette motion, en demandant qu'une taxe soit établie sur les maisons qui ne seraient pas pourvues d'appareils fumivores.

Comme on le voit, les congressistes ont apporté cette année à beaucoup de questions pendantes d'importantes contributions personnelles et, en ces difficiles problèmes, préparé les voies aux solutions définitives.

Louis Olivier.

LA NOMOGRAPHIE

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES LOIS A UN NOMBRE QUELCONQUE DE VARIABLES

Le calcul est la clef de la technique d'une foule de professions; le financier, l'actuaire, l'ingénieur, le mécanicien, l'électricien, le navigateur, l'artilleur, etc... sont forcés d'y recourir dans l'application de certaines formules dont le nombre est, en réalité, assez restreint pour chaque spécialité, mais qui reviennent très fréquemment. Il y a donc un intérêt très général à simplifier autant que faire se peut les opérations qu'exige le calcul numérique. Ce progrès a été recherché dans diverses voies, soit par l'artifice des opérations abrégées, soit par l'établissement de tables numériques, soit par l'invention de machines ou de règles à calculer [1], soit enfin par l'application de la méthode graphique. Cette application peut s'effectuer de deux manières très différentes et qu'on a souvent le tort de confondre sous l'appellation unique de *calcul graphique*. Ce terme nous semble devoir être réservé à l'ensemble des procédés qui ont pour but, certaines quantités étant représentées par divers éléments géométriques du plan (segments de droite, angles,...) d'en déduire *au moyen d'une construction* les quantités à déterminer liées aux premières par des formules connues. A cette catégorie se rattachent en particulier les procédés de la *statique graphique*. Mais la méthode graphique peut encore venir en aide au calculateur d'une façon toute différente, en traduisant par une image, dite *abaque*, la loi qui unit un certain nombre de quantités simultanément variables, de façon à permettre, *par une simple lecture*, étant données des valeurs particulières pour toutes ces quantités sauf une, d'avoir la ou les valeurs correspondantes de celle-ci. C'est cette dernière manière simplifiée d'opérer les calculs, à laquelle nous avons donné le nom de *Nomographie* (νόμος, loi), que nous avons seulement en vue dans le présent article. Nous nous proposons d'exposer sous une forme condensée les progrès qu'elle a réalisés en ces derniers temps, et nous espérons, par là, faire ressortir aux yeux de ceux qui voudront bien nous lire, la haute importance pratique qu'elle a acquise aujourd'hui et les promesses qu'elle fait entrevoir dans l'avenir.

I

Une équation est l'expression analytique de la loi qui fait dépendre les unes des autres un certain nombre de quantités définies. La *représentation géométrique* d'une telle équation est fournie par la méthode cartésienne complétée par la notion conventionnelle des hyperespaces. Si, en effet, les diverses quantités qui figurent dans l'équation sont prises pour des coordonnées courantes, cette équation définit un être géométrique qui peut à son tour en être considéré comme la représentation. Cette image, parfaitement suffisante pour le mathématicien, est, sauf dans le cas de deux variables, sans intérêt pour le calculateur. Pour ne prendre que le cas de trois variables, il est bien évident que la surface correspondante de l'espace, ne pouvant être effectivement, réalisée n'a aucune utilité pratique. Que dire dès lors de ces êtres fictifs que sont les surfaces à plus de trois dimensions! De là, la nécessité de la *représentation graphique* des équations dont le but est de ramener au seul plan l'interprétation des faits analytiques synthétisés dans ces équations. Est-il besoin d'ajouter qu'une telle représentation n'a lieu d'être réalisée dans la pratique qu'autant que la formule à laquelle elle s'applique est de celles dont l'usage est, en quelque sorte, permanent? La construction d'un abaque est, en pareil cas, la source d'une très sérieuse économie de temps; elle ne serait autrement qu'une complication inutile.

II

La représentation géométrique, dans le cas de deux variables, se confond, avons nous dit, avec la représentation graphique. Une équation entre deux variables définit, en effet, dans l'admirable méthode de Descartes, une courbe tracée sur un plan. La difficulté ne commence qu'avec les équations à trois variables; mais pour celles-ci la solution générale est acquise depuis longtemps; elle consiste en l'emploi des *lignes d'égal élément* ou *lignes isoplèthes* [1]; x, y, z, étant les trois quantités liées par l'équation considérée, si l'on donne à z une valeur particulière, l'équation en x et y qui en résulte définit une certaine courbe qu'on pourra désigner par la valeur correspondante de z, dite sa *cote*. En faisant varier z, on obtient ainsi sur le plan une série de courbes cotées dites *isoplèthes* en raison de ce que pour tous les points de chacune d'elles la valeur de l'élément z est la même. Si l'on suppose ces diverses lignes tracées sur un plan quadrillé parallèlement aux axes de coordonnées, on obtient

[1] A celles-ci se rattachent les ingénieuses réglettes mobiles de M. Genaille sur lesquelles l'attention du public savant a été appelée par M. Ed. Lucas, inventeur lui-même de divers appareils à calcul habilement conçus.

[1] Terme proposé par M. Vogler et adopté par M. Lalanne.

l'abaque de l'équation proposée (fig. 1). Étant données des valeurs particulières pour x et y, si on veut la valeur correspondante de z, il suffit de prendre le point de rencontre des lignes du quadrillage correspondant d'une part à la valeur de x, de l'autre à celle de y, et de lire la cote z de l'isoplèthe passant en ce point. Ainsi sur la figure 1, pour

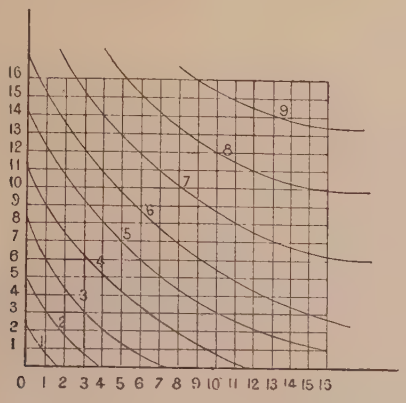

Fig. 1. — Schema indiquant la disposition générale d'un abaque.

$x=4$, $y=8$, on a $z=5$. On pourra de même se donner z et soit x, soit y, pour en déduire y ou x.

A qui convient-il d'attribuer l'invention de cette représentation graphique des équations à trois variables? Nous ignorons s'il peut être fait une réponse précise à cette question. Les équations de cette sorte sont très fréquentes dans la pratique et il est tout naturel que divers auteurs aient été amenés, indépendamment les uns des autres, à avoir, sur un cas particulier, l'idée de ce mode de représentation. Celle-ci a été rencontrée notamment par Pouchet (*Arithmétique linéaire*; 1795), par d'Obenheim (*Balistique*; 1814, — *Mémoire sur la planchette du canonnier*; 1818), par Bellencontre (*Construction graphique des tables Lombard*; 1830), par Allix (*Nouveau système de tarifs*; 1840), par d'autres encore, sans doute. Mais il semble que ce soit à Terquem, le savant fondateur, avec M. Gerono, des *Nouvelles Annales de Mathématiques*, qu'elle ait dû d'être énoncée d'une façon à la fois précise et définitive (*Mémorial d'artillerie*; n° 3, 1830). Et Terquem, en formulant la méthode en termes généraux, fit observer que cette façon de représenter les équations à trois variables était identique à la figuration sur un plan d'une surface topographique par la projection de ses courbes de niveau.

C'est cette idée féconde des courbes isoplèthes qui constitue la base de tous les procédés de représentation graphique des formules analytiques entre plus de deux variables. Toutefois sa mise en œuvre a été grandement facilitée par le moyen de quelques autres principes; c'est le point que nous allons maintenant examiner.

III

Le premier de ces principes est celui de l'*anamorphose* qui a été imaginé en 1843 par M. Lalanne, ingénieur des ponts et chaussées. Ce principe a pour but, lorsque la forme de l'équation s'y prête, d'opérer une transformation qui substitue aux courbes isoplèthes de simples droites. Il est inutile d'insister sur l'importance pratique de ce principe. Disons en quelques mots en quoi il consiste. Si l'équation proposée peut se mettre sous la forme

$$f(x)\psi_1(z) + \varphi(y)\psi_2(z) + \psi_3(z) = 0, \tag{1}$$

il suffit de poser $X = f(x)$ et $Y = \varphi(y)$, ce qui revient à coter x la parallèle à l'axe des y dont l'abscisse est égale à $f(x)$ et y la parallèle à l'axe des x dont l'ordonnée est égale à $\varphi(y)$, pour transformer en équations linéaires les équations obtenues en particularisant la valeur de z, c'est-à-dire pour avoir des droites comme lignes isoplèthes (fig. 2).

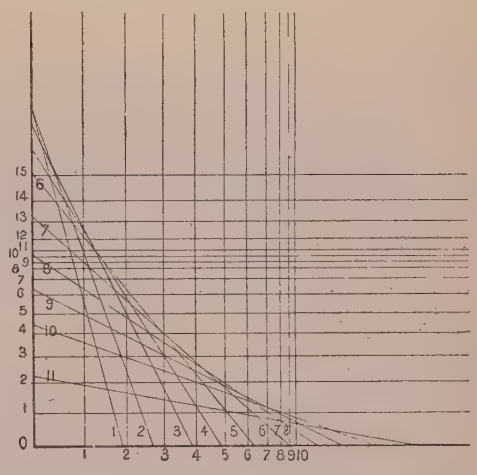

Fig. 2. — Schema indiquant la disposition générale d'un abaque anamorphosé.

C'est grâce à cet ingénieux artifice que M. Lalanne a pu dresser pour le calcul des profils de déblai et de remblai les abaques rectilignes, aujourd'hui classiques, qui ont rendu tant de services, notamment lors de l'établissement des projets de nos grands réseaux de chemins de fer [1]. D'autres applications importantes en ont été faites depuis, notamment par M. Collignon à diverses formules usuelles d'hydraulique, par le commandant Chéry (aujourd'hui général) aux calculs de résistance des matériaux, etc...

On voit tout de suite que le principe de l'anamorphose, tel que l'a formulé M. Lalanne, est susceptible d'être généralisé. Ce savant ingénieur

[1] M. Lalanne a donné un intéressant résumé de ses travaux sur la matière dans les *Notices* publiées par les soins du Ministère des Travaux publics à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1878 (p. 429 à 484).

suppose toujours, en effet, qu'aux variables x et y correspondent respectivement deux cours de droites cotées parallèles aux axes de coordonnées. Or ceux-ci peuvent tout aussi bien être remplacés par deux systèmes quelconques de droites graduées. Il suffit pour cela de supposer que les coefficients de l'équation de la droite qui engendre le premier de ces systèmes soient des fonctions de x seulement, et ceux de la droite qui engendre le second, des fonctions de y seulement. On a ainsi trois systèmes constitués par des droites variables dont les équations ont des coefficients qui ne renferment respectivement que x, y ou z. La condition pour que ces droites soient concourantes se traduit précisément par l'équation en x, y et z dont l'abaque ainsi construit fournit la représentation. Cette condition s'écrit immédiatement sous forme de déterminant; on voit que celui-ci renferme six fonctions arbitraires contenant groupées deux à deux, chacune une seule des trois variables, alors que les équations considérées par M. Lalanne ne contenaient que quatre fonctions arbitraires, une en x, une en y et deux en z. Cette généralisation du principe de l'anamorphose se trouve indiquée dans un travail de M. Massau [1] qui renferme de fort intéressantes considérations sur l'intégration graphique. Nous avons, à notre tour, fait voir comment une application judicieuse du principe de dualité permettait de substituer aux abaques à droites isoplèthes d'autres abaques à points isoplèthes, à la fois plus simples, plus clairs et se prêtant mieux à l'interpolation à vue. C'est un point sur lequel nous reviendrons plus loin.

IV

Lorsque l'équation est à plus de trois variables, sa représentation graphique, dans le cas général, semble au premier abord n'être pas possible. S'il s'agit par exemple, d'une relation entre quatre variables, pour chaque valeur de l'une d'elles, l'ensemble des trois autres donne à lui seul naissance à un abaque recouvrant tout le plan. La superposition de ces divers abaques est matériellement irréalisable. Il y a donc un très grand intérêt à chercher des catégories aussi générales que possible d'équations de ce genre pour lesquelles on pourra faire connaître un tel genre de représentation. Un pas, des plus importants, a été fait dans cette voie par M. l'ingénieur des mines Lallemand, connu, par ailleurs, pour ses beaux travaux de géodésie. Les équations dont il a fait connaître la représentation répondent au caractère suivant : chacun de leurs membres se compose d'une somme de produits de fonctions de deux variables seulement. Ces équations sont donc de la forme.

$$(2)\quad F(x,y)\Phi(p,q)\Psi(u,v)\ \ldots \pm f(r,t)\,\varphi(z,s)\ \ldots = \chi(\alpha,\beta)\,\psi(\gamma,\delta)\ \ldots$$

Ces fonctions de deux variables peuvent être dites les *éléments binaires* de l'équation. Les valeurs de chacune d'elles sont fournies par un abaque à isoplèthes, anamorphosé ou non, qui les donne sur un axe gradué *naturellement*, c'est-à-dire en segments proportionnels à leur grandeur. Grâce à un groupement convenable de ces abaques partiels ces segments représentatifs sont combinés par voie de multiplication, et les produits obtenus par voie d'addition au moyen d'un procédé très ingénieux imaginé à cet effet par M. Lallemand. Dans ce procédé, l'addition graphique, basée sur une propriété remarquable d'axes inclinés à 60° les uns sur les autres, s'opère au moyen d'un indicateur transparent dont les axes sont les diagonales d'un hexagone régulier; d'où le nom d'*abaques hexagonaux* donné par Lallemand à ses tableaux graphiques.

L'importance de ceux-ci est attestée par les nombreuses applications qu'en a faites M. Lallemand au service du nivellement général de la France, dont il est chargé. Les opérations sur le terrain qu'exige ce nivellement sont, en effet, complétées, dans les bureaux, par des calculs laborieux résultant de l'application de formules de corrections compliquées où entrent de nombreuses variables. Par la construction de ses abaques, M. Lallemand est parvenu à affranchir son personnel de cette fastidieuse besogne, réalisant ainsi une énorme économie de temps. Il a, en outre, dressé des abaques analogues pour des spécialités autres que la sienne; citons celui des déblais et remblais, celui de la déviation du compas, etc... La pratique offre, en effet, un champ d'application pour ainsi dire indéfini à l'application de la méthode de M. Lallemand.

V

Le groupement deux à deux des variables, destiné à faire apparaître dans l'équation les éléments binaires dont il a été parlé plus haut, n'est pas toujours possible. La difficulté peut parfois être tournée par l'admission de la même variable dans plusieurs éléments binaires; mais celle-ci donne alors naissance à un cours spécial d'isoplèthes dans l'abaque partiel correspondant à chacun d'eux. Outre qu'il résulte de là certaine complication, il faut remarquer que *l'abaque ne permet le calcul d'une des quantités qui y figurent qu'autant qu'à celle-ci ne correspond qu'un seul cours d'isoplèthes*. Cette remarque montre, en particulier, que les abaques hexagonaux ne sauraient se prêter à la résolution des équations algébriques à plus de trois termes. Il est donc intéressant de rechercher des méthodes

[1] *Annales de l'Association des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand*, 1884.

s'appliquant à des équations à plus de trois variables, autres que celles qui rentrent dans le type (2) écrit plus haut et dans lesquelles ne corresponde à chacune des variables qu'un seul cours d'isoplèthes.

Nous avons, pour notre part, été amené à une telle méthode par une extension de celle que nous avons succinctement indiquée à la fin du § III et dont nous allons maintenant dire quelques mots : dans les abaques anamorphosés les plus généraux, dont il a été question au § III, à chacune des trois variables correspond un système de droites cotées ; ces droites sont les tangentes à une certaine courbe. Dès lors, si nous appliquons le principe de dualité, [1] en substituant l'usage de coordonnées tangentielles à celui de cordonnées ponctuelles, nous voyons qu'au lieu de l'ensemble des tangentes à trois courbes, nous aurons un abaque composé de l'ensemble des points de trois courbes, le mode de correspondance de ces points résultant de la formule donnée consistant en leur alignement sur une même ligne droite. En un mot, nous transformons l'abaque de telle sorte qu'au lieu de trois systèmes de droites cotées il ne comporte plus que trois systèmes de points cotés, autrement dit, trois courbes graduées. L'image ainsi obtenue est à la fois plus claire et plus facile à construire. Mais, ce n'est pas tout. Si dans le cas de notre premier abaque nous supposons que le système de droites répondant à une des trois variables dépende lui-même d'un quatrième paramètre et que nous fassions varier celui-ci, nous aurons, pour chacune de ses valeurs, un nouveau système de droites, et la superposition de ces divers faisceaux cotés présenterait une telle confusion qu'il serait matériellement impossible de construire l'abaque qui en résulterait. Grâce, au contraire, à la transformation dualistique que nous avons indiquée plus haut, lorsque nous faisons varier le quatrième paramètre, la courbe graduée correspondante se déplace dans le plan ; chacune des positions de cette courbe correspond à une valeur de la quatrième variable qui en constitue la cote ; et les points de même graduation de ces courbes successives sont eux-mêmes distribués sur des courbes dont leur commune graduation fournit la cote. Telle est, en termes généraux, l'idée que nous avons appliquée dans un travail récent [2]. Elle conduit pour des équations à quatre variables x, y, z, t, dont le type général renferme six fonctions arbitraires (deux de x, deux de y, deux de z et t) à des abaques composés de deux courbes graduées répondant l'une aux valeurs de x, l'autre aux valeurs de y, et de deux systèmes de courbes cotées répondant l'un aux valeurs de y, l'autre aux valeurs de t (fig. 3). Le mode de liaison entre points

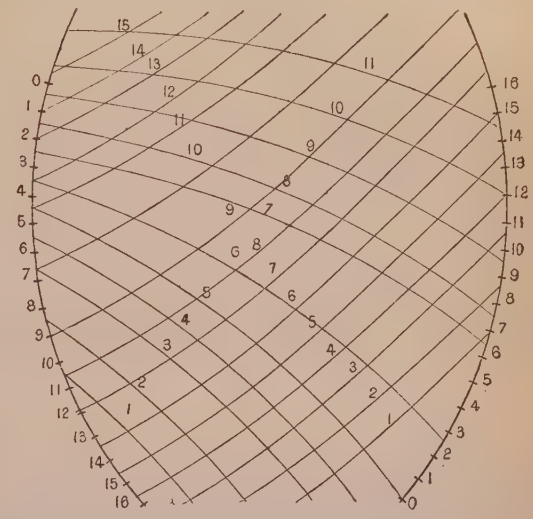

Fig. 3. — Schema indiquant la disposition générale d'un abaque d'équation à quatre variables dans la méthode des points isoplèthes.

se correspondant en vertu de la formule donnée sera le suivant : la droite joignant le point coté x au point coté y passe par le point de croisement des courbes cotées respectivement z et t.

Ajoutons que l'application de ce principe est particulièrement commode au moyen des coordonnées tangentielles que nous avons appelées *parallèles*, préférables à cet égard aux coordonnées pluckériennes.

On obtient notamment de cette manière des abaques résolvant l'équation *complète* du troisième degré, et, plus généralement, toute équation dont les coefficients dépendent de trois paramètres arbitraires [1].

Il est bien évident que de même qu'en partant du cas de trois variables, nous en avons associé une quatrième à l'une de celles-ci, nous aurions pu aussi en associer de nouvelles respectivement aux deux autres ou seulement à l'une d'entre elles.

[1] Rappelons que ce principe consiste à faire correspondre l'une à l'autre deux figures de façon que les éléments corrélatifs des points de l'une soient les droites de l'autre, et réciproquement. Il résulte de là qu'à un ensemble de droites concourantes de l'une correspond, dans l'autre, un ensemble de points en ligne droite.

[2] *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 23 février 1891.

[1] Les équations du type

$$\chi_1(t) + f(x)\,\chi_2(t) + \varphi(y)\,\chi_3(t) + \psi(z)\,\chi_4(t) = 0$$

représentées dans le système des abaques hexagonaux, exigent trois échelles binaires comportant chacune une graduation pour t et une graduation pour une des autres variables, soit en tout six graduations ; en outre, l'abaque ainsi obtenu ne permet pas de prendre t pour inconnue. L'application de notre méthode conduit pour ces équations à des abaques à quatre graduations seulement (une pour chaque variable) qui permettent de prendre pour inconnue l'une quelconque des variables.

Nous obtiendrons ainsi les abaques de certains types généraux d'équations à six et à cinq variables.

VI

L'étude comparative des diverses méthodes rapidement indiquées dans les lignes qui précèdent nous a amené à reconnaître, en dépit des différences caractéristiques de leur mode d'application et de la diversité des points de départ d'où les ont fait dériver leurs auteurs, que ces méthodes ne résultent, au fond, que de variantes dans la mise en œuvre d'un principe unique qui se trouve ainsi dominer l'ensemble du corps de doctrine auquel nous donnons le nom de *Nomographie*. Cette remarque nous a permis dès lors de faire de ces diverses méthodes un exposé systématique [1] auquel s'attache un double intérêt : un intérêt philosophique tenant à la mise en lumière du principe qui gouverne cette branche spéciale de la science appliquée ; un intérêt pratique tenant d'une part à la plus grande facilité d'assimilation de méthodes qui exigeaient jusqu'ici chacune une étude particulière, de l'autre à la plus grande sûreté des applications pour lesquelles la théorie générale indique, dans chaque cas, la façon dont il faut faire intervenir les principes.

Ce nouveau corps de doctrine, dont l'utilité pour les hommes techniques n'a pas besoin, croyons-nous, d'être démontrée, offre pour les mathématiciens l'intérêt d'une vaste application, à un ordre de choses purement pratique, des théories de la géométrie analytique.

Il nous a paru utile de fixer, sous une forme succincte, dans l'article qu'on vient de lire, la genèse des idées qui ont présidé à son élaboration.

Maurice d'Ocagne,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

REVUE ANNUELLE DE GÉOLOGIE

Il nous a semblé, comme l'an dernier, qu'au lieu de citer en quelques mots une grande quantité de travaux, il était préférable de signaler avec quelques détails un petit nombre de publications importantes et d'un intérêt général.

Nous nous sommes donc borné à rendre compte de diverses études sur la formation des roches cristallines, sur l'âge des principales montagnes de l'Asie, sur l'histoire géologique de l'Amérique du Sud, sur le mode d'accroissement des récifs de coraux, etc., laissant forcément de côté un nombre considérable de travaux remarquables, mais que le cadre restreint de cette *Revue* ne nous permet même pas de citer.

I

Le compte rendu du Congrès géologique tenu à Londres en 1888 vient seulement d'être délivré aux souscripteurs, au moment même où les géologues de toutes les nations se réunissaient de nouveau aux Etats-Unis. Bien qu'une partie de ce gros volume ne soit que la reproduction de documents qui avaient déjà été communiqués aux membres du Congrès il y trois ans, nous y trouvons pourtant plusieurs mémoires intéressants et encore inédits.

La principale question à l'ordre du jour était celle de l'origine et de la classification des schistes cristallins ; sur la demande du Comité d'organisation, tous les géologues qui avaient spécialement étudié ces roches avaient envoyé des mémoires qui ont pour la plupart été publiés avant le congrès et ont servi de base aux discussions. Seul le travail de M. Reusch n'était pas encore imprimé, étant parvenu trop tard à Londres : nous en donnerons ici un aperçu.

M. Reusch étudie depuis de longues années les terrains de la Norwège occidentale, et il y a reconnu trois divisions : 1° l'Archéen, composé de granite et de gneiss-granite ; 2° le Cambro-silurien formé de schistes cristallins produits par le métamorphisme régional de roches sédimentaires et métamorphiques ; 3° quelques grès et conglomérats d'âge incertain, peut-être dévoniens.

M. Reusch pense que les schistes cristallins du Cambro-silurien ont été produits par métamorphisme aux dépens des schistes, grès et conglomérats qui constituent le facies normal de ce terrain ; la découverte de trilobites et d'autres fossiles encore reconnaissables, dans les schistes cristallins, lui semble le prouver indiscutablement. Mais des schistes semblables peuvent aussi se former par métamorphisme aux dépens de roches éruptives.

Inversement ce géologue admet que des roches, considérées comme éruptives, peuvent être le résultat d'un métamorphisme intense des roches sédimentaires. Tel serait le cas du granite de

[1] *Nomographie. Les calculs usuels effectués au moyen des abaques. Essai d'une théorie générale. Règles pratiques. Exemples d'application ;* 1 vol. in-8° de 96 pages, avec figures dans le texte et 8 planches. Gauthier Villars et fils ; Paris ; 1891.

l'île de Bömmelö, qui possède tous les caractères habituels des roches éruptives, mais qui renferme tantôt une bande rocheuse composée de cailloux arrondis et ressemblant à un conglomérat modifié, tantôt des fragments d'amphibolite, divers schistes calcifères ou un calcaire saccharoïde stratifié. Ces inclusions, qui ont souvent plus d'un kilomètre de longueur, seraient les restes des bancs qui existaient dans les sédiments (grès feldspathiques?) par la fusion desquels le granite lui-même aurait été formé.

II

Dans la longue et remarquable discussion qui a eu lieu à Londres sur les schistes cristallins, les opinions les plus diverses ont été soutenues. Il semble pourtant résulter de l'ensemble des communications qu'il y a deux sortes de schistes cristallins : les uns, inférieurs au Cambrien, comprennent les gneiss proprement dits; les autres, qui peuvent présenter une cristallisation plus ou moins complète, proviennent de terrains sédimentaires ou de roches éruptives d'âges très divers.

L'existence de cette deuxième série, produit du métamorphisme de pression, était repoussée par la majorité des géologues jusqu'à ces dernières années; mais la découverte de fossiles dans les couches cristallines elles-mêmes ou dans des bancs intercalés, en un grand nombre de points différents de la surface du globe, ne laisse plus de doute actuellement sur l'existence de schistes cristallins à divers niveaux de la série sédimentaire : on en cite de primaires, de secondaires et même de tertiaires (Alpes, Italie, etc.).

III

La classification du Primaire inférieur a fait aussi l'objet des discussions du Congrès; mais, malgré l'ardeur avec laquelle les géologues anglais s'occupent de cette question, il nous semble qu'elle n'offre que peu d'intérêt. Puisque tous sont d'accord sur l'ordre de succession des assises, peu nous importe que l'on adopte pour désigner les principales divisions les dénominations données par Sedgwick, celles qui ont été inventées par Murchison, ou d'autres encore proposées plus récemment? Malheureusement, les diverses écoles semblent s'être fait un point d'honneur de ne rien changer aux dénominations usitées par leurs chefs, et il se passera probablement encore longtemps avant que les termes de Cambrien et de Silurien aient pour tous la même signification.

IV

Enfin on s'est occupé à Londres de tracer la limite des terrains tertiaires et quaternaires ; malgré les objections présentées par quelques géologues, la majorité était évidemment d'avis qu'il était utile de maintenir le Quaternaire comme une division de premier ordre et non pas comme une subdivision du Tertiaire.

V

Grâce à la remarquable organisation de son *Geological Survey*, l'Inde anglaise sera bientôt aussi connue, au point de vue géologique, que beaucoup de pays de l'Europe, bien que l'immense étendue de son territoire et le manque de voies de communication y rendent les observations longues et difficiles.

Nous appellerons l'attention cette année sur un travail de M. R. D. Oldham[1], sur l'âge du soulèvement des Monts Himalayas; l'auteur a été amené, en effet, à rappeler dans cette note les traits principaux de la géologie de l'Inde, de sorte que l'analyse que nous allons en faire donnera une idée générale de la structure de ce vaste pays.

On divise ordinairement l'Inde en trois parties : la région péninsulaire, la région extra-péninsulaire et la région des alluvions indo-gangétiques.

La région péninsulaire a été exondée au moins depuis la période paléozoïque; elle consiste en un massif de gneiss contourné et fortement métamorphisé, sur lequel on voit les restes d'une *peau* de roches sédimentaires d'âges divers et un grand développement de roches éruptives.

Cette région n'a subi que des plissements peu importants; quant aux changements de niveau, ils ont été à la fois peu nombreux et de faible amplitude, les bords de la péninsule seuls ayant été parfois couverts par la mer. On doit signaler pourtant la chaîne des Aravallis, qui est très disloquée; c'est d'ailleurs le seul groupe de montagnes de cette partie de l'Inde.

La région extra-péninsulaire a des caractères très différents. Si l'on excepte les couches tertiaires supérieures au sommet de la série, et les gneiss archéens à la base, presque toutes les formations sédimentaires que l'on y rencontre sont d'origine marine; en outre, les couches sont fortement disloquées. C'est une région essentiellement montagneuse et formée de montagnes structurales, c'est-à-dire de chaînes dont la direction générale est étroitement liée aux dislocations des couches. Elle renferme les Himalayas, ce système de montagnes qui succède sans transition aux plaines de l'Inde, pour monter, par une succession de chaînes de plus en plus hautes, jusqu'aux sommets neigeux qui forment les points les plus élevés de la croûte terrestre.

[1] *Geol. Mag.*, dec. III, t. VIII, p. 8 et 70.

L'aspect de ces deux régions est très différent. Dans l'Inde péninsulaire, sauf de rares exceptions, il n'existe que des surfaces arrondies et des pentes douces; le cours des rivières est plat, leurs lits sont sablonneux, et elles ne montrent qu'une puissance d'érosion presque insignifiante. C'est, en somme, une région offrant tous les caractères d'une ancienne surface terrestre, depuis longtemps exposée aux dénudations subaériennes et dans laquelle les cours d'eau et les collines sont bien près d'être arrivés à un état d'équilibre.

Les Himalayas, au contraire, présentent des vallées et des gorges profondes, à parois fortement inclinées; la plupart des cours d'eau sont des torrents roulant d'énormes blocs et rongeant violemment leurs lits et leurs bords; les crêtes aiguës et les versants abrupts indiquent un pays dans lequel l'action de la pluie et de la gelée n'est pas assez active pour contre-balancer le rapide approfondissement des vallées par l'érosion.

Le contact de chacune de ces régions avec l'alluvion indo-gangétique se présente également dans des conditions très différentes : tandis que les Himalayas s'élèvent brusquement, laissant à leur pied les graviers récents, et que la limite des deux terrains forme une courbe régulière d'une extrémité à l'autre, au Sud, au contraire, du côté de la Péninsule, les couches s'enfoncent sous l'alluvion si doucement, que les contacts tracés par différents observateurs ont pu être éloignés de plusieurs milles les uns des autres. La limite est très irrégulière, de longues langues d'alluvion s'avancent fort loin dans la plupart des vallées, tandis que d'innombrables *outliers* des formations antérieures se voient au milieu de la plaine alluviale.

Enfin du côté de la péninsule, ce sont des couches très diverses qui se trouvent en contact avec l'alluvion, tandis que du côté des Himalayas, la limite est formée par une zone uniforme de terrains tertiaires; dans le premier cas, c'est une limite d'érosion, dans le second une limite structurale.

Le Tertiaire, comprenant depuis le Nummulitique marin jusqu'aux dépôts subaériens du Pliocène, forme à l'extérieur des Himalayas une bande continue et concordante; mais on connaît aussi des couches de même âge en différents points au nord de la principale chaîne neigeuse (territoire de Kaschmir, etc.). Dans la haute vallée de l'Indus, le Nummulitique existe aussi; il est formé de grès grossiers et de conglomérats que M. Lydekker croit d'origine glaciaire. Que cette opinion soit ou non fondée, il est certain que ce Tertiaire présente un caractère littoral très prononcé et que le rivage ne pouvait être éloigné.

La présence de ces couches marines au cœur même des Himalayas et à des hauteurs de 19.000 à 20.000 pieds au-dessus du niveau de la mer, démontre qu'au commencement de la période tertiaire, les Himalayas n'existaient pas encore comme chaîne de montagnes distincte, ou tout au moins, que si le système himalayen de dislocation avait commencé à se faire sentir, il ne s'étendait pas au N.-O. d'une ligne tirée transversalement à la chaîne, par les embouchures du Gange.

La nature du contact entre le Nummulitique et les couches prétertiaires conduit à la même conclusion : bien qu'en certains points de la haute vallée de l'Indus le Tertiaire repose directement sur les gneiss, dans les montagnes extérieures, au contraire, il recouvre des calcaires et des ardoises, sans qu'il existe de différence de plongement sensible entre les deux formations. Quoique M. Middlemiss ait montré qu'en certains points, le Prétertiaire avait été fortement disloqué avant le dépôt du Tertiaire, ce n'est là qu'un fait tout local; il n'y a pas eu de compression énergique ni de dislocation importante avant la fin de la période tertiaire.

C'est ainsi que dans la région de Simla, on peut voir les couches tertiaires accompagner les formations antérieures dans leurs plissements les plus compliqués.

Tous ces faits semblent plus que suffisants pour montrer que le soulèvement des Himalayas ne peut être antérieur au dépôt du Tertiaire inférieur; M. Oldham s'attache ensuite à prouver qu'il a eu lieu avant le Pliocène.

Si, en effet, l'on étudie la Siwalik series (Pliocène), on constate que la situation, la distribution et la composition des conglomérats qu'elle contient, sont exactement les mêmes que pour les dépôts actuels; il faut donc en conclure qu'à l'époque du dépôt des couches des Siwaliks, les Himalayas formaient déjà une région élevée dont les principaux traits orographiques étaient marqués, et que la limite méridionale de la montagne devait dès ce moment se trouver très approximativement au même point que la limite actuelle des roches des Himalayas et de la série des Siwaliks.

L'épaisseur considérable de cette série (10 à 20.000 pieds au moins), bien que les couches qui les constituent ne montent pas à plus de quelques milles pieds au-dessus de la mer, indique qu'elle s'est déposée dans une région soumise à un affaissement continu, de même vitesse que le dépôt. Comme, de son côté, la région himalayenne était dans un état constant d'exhaussement pendant la période tertiaire, le contact des deux régions devait être marqué par une grande faille.

C'est, en effet, ce qui se produit : entre le Tertiaire et les roches prétertiaires, existe une faille renversée de première importance, accompagnée aussi bien du côté de la plaine que du côté des Hima-

layas, par une série de grandes failles parallèles dont la lèvre relevée est toujours du côté de la montagne.

Après avoir encore tiré quelques arguments de la différence de grosseur du grain de l'alluvion en profondeur, constatée par plusieurs sondages, M. Oldham résume ainsi l'histoire géologique des Himalayas :

Au commencement de la période secondaire, le système himalayen de dislocation n'avait pas encore commencé à faire sentir ses effets; c'est seulement vers la fin de cette période qu'il débuta au milieu de la chaîne et s'étendit graduellement au dehors, gagnant la partie maintenant accessible à l'observation de la région N.-O. des Himalayas, au commencement du Tertiaire. Mais à cette époque, les plissements et les cassures étaient de peu d'importance, et n'appartenaient pas par leur direction au système himalayen; c'est seulement à une époque postérieure que les couches ont été soumises à des compressions et des dislocations énergiques et continues, en même temps que la dénudation faisait sentir son action d'une manière ininterrompue.

Aussitôt que les Himalayas se furent individualisés en chaîne de montagne distincte, une série de dépôts subaériens de grande épaisseur commencèrent à se former dans une région d'affaissement, le long de leur bordure extérieure, les areas d'affaissement et de dépôt d'un côté, d'exhaussement et de dénudation de l'autre étant séparées par une limite abrupte qui se traduit maintenant par une faille gigantesque.

A mesure que les Himalayas poursuivaient leur mouvement d'exhaussement, la limite entre les deux régions s'avançait lentement au Sud : les couches qui s'étaient déposées le long du pied des premières chaînes étaient comprimées, disloquées, soulevées et par suite exposées à la dénudation; la nouvelle limite entre les deux régions d'élévation et de dépression était abrupte comme l'ancienne et une nouvelle faille se formait, avec sa lèvre relevée du côté de la chaîne montagneuse.

En même temps que la bordure des Himalayas s'avançait de la sorte vers le Sud, la dépression occupée par l'alluvion indo-gangétique s'étendait dans la même direction par suite de l'affaissement graduel de la région péninsulaire.

Après avoir ainsi exposé ses vues sur l'histoire géologique de l'Inde dans un chapitre intitulé « Les faits », bien qu'il nous paraisse renfermer de fort nombreuses hypothèses, M. Oldham se demande comment on peut expliquer théoriquement ce qui se serait passé, d'après lui, pendant la formation des Himalayas. Comment deux régions voisines et séparées seulement par une faille, peuvent-elles être affectées de mouvements inverses, l'une d'elles s'élevant constamment pendant que l'autre s'affaisse d'une manière continue? L'auteur voit là une application de la théorie développée récemment par O. Fisher (Physics of the Earth's crust), et il suppose que la croûte terrestre est divisée en compartiments reposant sur un fluide comme des sortes de flotteurs; la dénudation de la partie montagneuse occasionnant une diminution de poids, cette région s'élève, tandis que la partie basse devenant de plus en plus chargée par les dépôts d'alluvion, s'affaisse chaque jour davantage.

VI

Les arguments présentés par M. Oldham semblent difficiles à réfuter en ce qui concerne l'âge du soulèvement des Himalayas; aussi n'est-on pas peu surpris de trouver dans le même recueil[1] une série d'articles de M. Howorth tendant à prouver que non seulement les Himalayas, mais aussi toute la partie haute de l'Asie centrale, n'ont commencé à s'exhausser qu'à une époque très récente.

L'un des arguments qu'il met en avant pour soutenir cette thèse est la découverte des mammouths le long des côtes arctiques de l'Asie; pour lui, il est absolument démontré que le mammouth et ses compagnons ont vécu aux lieux mêmes où nous retrouvons maintenant leurs restes. L'existence d'arbres avec leurs racines, enfouis à côté d'eux, la présence dans les mêmes gisements de coquilles fluviatiles du Sud, prouvent incontestablement que le caractère de la flore et de la faune du N.-E. de la Sibérie pendant l'âge du mammouth doit être expliqué autrement que par une migration. Les gros animaux dont les restes sont si abondants sur les bords de la basse Lena, dans les îles aux Ours, etc., ont vécu là où leurs squelettes se montrent aujourd'hui.

Il en résulte forcément qu'au lieu d'être une *tundra* dénudée, couverte de neige la plus grande partie de l'année, balayée par des vents glacés, et n'ayant pas un été de plus de six semaines, cette région jouissait alors d'un climat assez tempéré pour permettre le développement d'une végétation abondante existant toute l'année, non seulement sur le rivage actuel de la mer arctique, mais aussi dans toute la Sibérie jusqu'à l'Alaska.

Quelles peuvent avoir été les causes de cette profonde modification dans le climat, modification certaine d'après M. Howorth? L'auteur en trouve deux : la première est le voisinage de l'océan Arctique, la seconde et la plus importante, la présence au Sud des vastes plateaux glacés de la Mongolie et du Thibet. M. Howorth a cherché à démontrer

[1] *Geol. Mag. dec.* 3, t. VIII, p. 97, 156, 294.

dans des travaux antérieurs que la plus grande partie tout au moins de la région polaire était occupée par la terre ferme à l'époque du mammouth, ce qui aurait permis à ces animaux et à leurs compagnons de passer de Sibérie en Amérique, comme il est certain qu'ils l'ont fait; l'absence ou tout au moins la réduction de la mer polaire supprimait une des sources des vents glacés qui désolent maintenant la Sibérie.

Mais dans la vallée de la basse Léna, ce ne sont pas les vents du nord qui sont le plus à redouter, mais bien ceux du sud, excessivement froids, surtout en été. La plus grande cause de la basse température actuelle dans ce pays est donc l'existence de vastes masses de terres montagneuses et de hauts plateaux dont les points culminants sont le Tian Shan, le Kuen Lun et les Himalayas et qui comprennent la chaîne de l'Altaï et les grands steppes élevés du Pamir, du Thibet et de la Mongolie ; il est donc probable *a priori* que cette masse montagneuse n'existait pas à l'époque du mammouth.

Cette hypothèse paraît, pour M. Howorth, s'appuyer sur des preuves irréfutables. En effet, ni dans l'Altaï, ni dans l'Oural, on ne trouve de traces de l'âge glaciaire; pas de roches striées, pas de cailloux anciens. De même, sur l'immense plateau qui forme la plus grande partie de l'Asie centrale, les voyageurs sont unanimes pour constater l'absence de ces preuves d'une glaciation ancienne que nous trouvons dans l'Europe occidentale et dans l'Amérique orientale; l'auteur cite à l'appui de son opinion des passages tirés des ouvrages de nombreux voyageurs et savants.

De même, dans les Himalayas, il n'y a que des traces insignifiantes d'anciens glaciers, surtout si l'on compare l'imposante hauteur de ces montagnes à l'altitude des Alpes ou des autres montagnes de l'Europe occidentale. Malgré l'énorme épaisseur de cette chaîne et sa puissante action comme condenseur qui en est la conséquence, surtout avec le voisinage de la grande masse d'eau qui couvrait alors l'Asie centrale, on ne trouve aucune trace de ce grand dévéloppement des glaciers qui a caractérisé l'âge du mammouth en Europe et dans l'Amérique du Nord.

M. Howorth ne voit qu'une explication possible de cette absence de traces de l'époque glaciaire, c'est qu'aucune de ces chaînes de montagnes n'existait à cette époque.

Il s'appuie également sur la présence de lacs salés, et de plaines couvertes d'efflorescences salines sur les hauts plateaux de l'Asie centrale; ces faits démontreraient l'existence, à une époque peu éloignée, d'une vaste nappe d'eau plus ou moins continue et peut-être réunie à la mer qui occupait la dépression aralo-caspienne, et par suite l'âge récent du soulèvement de la région.

En résumé, pour M. Howorth, les grandes masses de montagnes de l'Asie centrale, avec le plateau qu'elles entourent et supportent, forment un trait récent de la géographie physique de ce continent, et leur soulèvement ne paraît pas pouvoir dater d'une époque plus ancienne que la fin de l'âge du mammouth. Si, en effet, l'on admet cette hypothèse, on explique en même temps comment le climat autrefois doux de la Sibérie est devenu si rude de nos jours; comment la grande Méditerranée asiatique s'est trouvée asséchée et une notable portion de son lit transformée en ces plateaux incrustés de sel du Thibet et de Kaschgaria, comment enfin l'écoulement des eaux de cette mer intérieure a balayé la faune de l'Asie septentrionale, noyant les animaux et enfouissant leurs squelettes dans un lit de gravier et d'argile qui se poursuit sur plusieurs degrés de longitude.

VII

M. Blanford [1] n'est pas convaincu par l'argumentation de M. Howorth et il déclare qu'aucun géologue ayant étudié les Himalayas ne pourra admettre que cette chaîne de montagnes soit venue au jour postérieurement à l'époque où le mammouth vivait en Sibérie. Certes il n'est pas impossible que les Himalayas aient continué à s'élever pendant les temps pliocènes ou même pléistocènes, mais tout ce que l'on sait plaide en faveur de l'opinion, soutenue par M. Oldham, que leur période d'élévation principale a coïncidé avec l'ère tertiaire.

L'identité de composition des dépôts pliocènes de la bordure méridionale de la chaîne, et des couches qui se forment actuellement aux mêmes points, montre que les conditions géographiques étaient alors les mêmes que maintenant; il est également prouvé que lors du Pliocène, les grands fleuves himalayens coulaient déjà dans leurs lits actuels. Aussi tout le monde est-il d'accord pour déclarer que les Himalayas ne peuvent être posttertiaires; on ne discute plus que sur le point de savoir si ces montagnes sont tertiaires ou antétertiaires.

Le grand argument de M. Howorth est l'absence de traces importantes de l'époque glaciaire; or, malgre l'abondance des témoignages cités par cet auteur, M. Blanford ne se déclare nullement convaincu. A des récits de voyageurs qui ne s'occupaient qu'accessoirement de géologie, il oppose les résultats des explorations spéciales faites dans les Himalayas; il cite l'existence de grandes moraines dans toutes les vallées importantes qu'il a

[1] *Geol. Mag.*, dec. 3, t. VIII, p. 209, 372.

visitées dans le Sikkim, à 10.000 pieds environ plus bas que les glaciers actuels, comme sir J. Hooker l'avait déjà constaté il y a plus de quarante ans; il en est de même dans le Kaschmir. Certes les glaciers himalayens n'ont jamais atteint la plaine indo-gangétique, et ne peuvent être comparés aux glaciers anciens des Alpes, qui se prolongeaient fort loin du pied de ces montagnes; mais la différence de latitude suffit à expliquer ce fait. Est-ce qu'à l'heure actuelle les glaciers des Alpes descendent jusqu'à la mer comme ceux du Groenland?

Quant à l'existence d'une ancienne mer intérieure de grandes dimensions dans l'Asie centrale, lors du Pléistocène, M. Blanford n'y croit pas. Il y avait bien une étendue considérable couverte d'eau dans la région aralo-caspienne, pendant le Tertiaire supérieur et peut-être le Pléistocène, mais cette région était, alors comme maintenant, séparée du Thibet et des Himalayas par les grandes chaînes qui s'étendent du Pamir par le Tian-Shan jusqu'à l'Altaï, et entourent le Turkestan oriental à l'ouest et au nord. Les plaines et lacs salés indiquent seulement l'absence d'écoulement et en aucune façon l'existence d'une ancienne mer desséchée.

Un autre argument de M. Howorth est l'existence sur les hauts plateaux de la faune fossile de Hundes, composée de bœufs, de chevaux, de rhinocéros, d'antilopes, etc.; mais la plupart de ces animaux vivent encore aujourd'hui sur les hautes montagnes, notamment l'antilope qui a été reconnue pour être une *Panthalops* dont les congénères existent actuellement sur les plateaux les plus élevés du Thibet. D'ailleurs M. Lydekker, après avoir hésité, pense maintenant que cette faune de Hundes appartient au Pliocène supérieur et non au Pléistocène.

En tous cas, la présence de ces animaux ne peut suffire à contre-balancer toutes les raisons qui font regarder l'élévation des Himalayas comme beaucoup plus ancienne que le Pléistocène. Aucun de ceux qui ont vu les superbes et gigantesques exemples de dénudation et d'érosion présentés par les vallées des Himalayas ne pourra admettre que ces énormes sillons aient été creusés par la pluie et les rivières depuis que les mammouths ont été enfouis dans les graviers des *tundras* de la Sibérie.

Ce dernier argument ne touche pas M. Howorth; pour lui le creusement des vallées himalayennes n'est pas dû à l'érosion par la pluie et les cours d'eau, mais nous doutons fort qu'il soit suivi par de nombreux géologues, lorsqu'il attribue à un agent inconnu les phénomènes qu'il est si simple d'expliquer par une longue application des phénomènes actuels.

VIII

Le *Geological Survey* de l'Inde fait rechercher avec soin les minéraux utiles que peut renfermer son vaste territoire; c'est ainsi que dans l'un des derniers fascicules des *Records* publiés par cet Institut, nous trouvons un rapport de M. Nœtling[1] sur les combustibles de la partie septentrionale des Shan States.

Il existe à l'Est de Mandalay, entre l'Irraouaddy et le Salween, une formation tertiaire puissante dont l'âge précis n'est pas déterminé, mais qui paraît appartenir au Miocène supérieur. Elle se compose de grès et d'argiles avec veines de lignite, dont l'épaisseur totale peut atteindre 30 pieds dans la région de Lashio et 50 dans celle de Namma.

Ce combustible renferme 34,94 0/0 de carbone fixe; il appartient au même niveau que celui déjà signalé dans le Sud des Shan States, etc. Son éloignement des voies de communication en rend l'exploitation impossible.

IX

M. v. Jhering[2] recherche quels ont été les rapports de l'Amérique du Sud avec les autres terres pendant les périodes géologiques. Pour lui ce continent n'existait pas au commencement de la formation tertiaire; il était seulement représenté par diverses parties isolées. Le Brésil septentrional et la Guyane formaient une grande île et le Sud constituait une autre région isolée (Santa-Catalina, Rio Grande del Sul, Uruguay, Argentine, Chili), caractérisée par une faune d'eau douce identique.

La faune des mollusques d'eau douce, qui a fait l'objet des études de l'auteur, ne permet pas de penser qu'il y ait eu communication terrestre entre les deux Amériques depuis le Jurassique jusqu'à la fin du Pliocène.

M. F. Ameghino ne croit pas non plus que cette communication ait eu lieu pendant toute cette période; mais il lui paraît indubitable que pendant les dépôts les plus anciens de l'Eocène, ou à une époque antérieure, il s'est produit un échange de mammifères entre les deux Amériques. De même à partir de la fin du Miocène, on peut constater un phénomène semblable, ce qui met hors de doute l'existence d'une communication entre l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud à certains moments.

Par contre, pendant la majeure partie de l'Eocène, tout l'Oligocène et le Miocène inférieur, la faune sud-américaine était complètement iso-

[1] *Records Geol. Survey India*, t. 24, p. 99.
[2] *Revista argentina de historia natural*, t. 1, p. 280.

lée et n'échangeait aucune forme avec l'Amérique du Nord.

M. Ameghino ne serait pas opposé à l'idée qu'il existait pendant un certain temps de l'époque tertiaire, une sorte de pont réunissant l'Amérique du Sud à l'Europe ou à l'Afrique. Il s'appuie pour soutenir cette thèse, qui paraît assez étrange, sur la filiation des Vertébrés; en effet les genres européens *Theridomys* et *Archæomys* de l'Oligocène; *Omegodus*, *Issiodoromys*, *Protechimys*, *Trechomys*, *Nesokerodon*, *Hystrix* du Miocène, ont tous une origine exclusivement sud-américaine; *Nesokerodon* et *Issiodoromys* sont très proches parents du genre éocène argentin *Eocardia* et font partie du même groupe; enfin le tronc commun de tous les rongeurs histricomorphes du Vieux Monde se trouve dans les *Echinampidæ* et les *Hystricidæ* éocènes de la République argentine. Tous ces groupes n'ont pas de représentants dans l'Amérique du Nord jusqu'au Miocène supérieur et au Pliocène.

De plus en même temps que ces animaux de la faune sud-américaine émigraient en Europe, les Carnivores ursidés (*Arctotherium*) et subursidés (*Cyonasua*) pénétraient dans l'Amérique du Sud; or ces groupes sont représentés en Europe, mais non dans l'Amérique du Nord.

Enfin M. Ameghino pense que la séparation de l'Atlantique et du Pacifique date d'une époque géologique très ancienne; une terre longue et étroite, dirigée du Nord au Sud existait dans la région des Andes du Chili et de l'Argentine depuis l'époque crétacée, car les dépôts de cet âge ne se montrent sur les deux versants des Andes qu'à une certaine distance de l'axe de la chaîne. Toutes les formations marines qui se succèdent à partir du Crétacé jusqu'à l'époque actuelle, tant à l'Est qu'à l'Ouest, sont disposées en forme de bandes longues et étroites dirigées constamment du Nord au Sud et d'autant plus distantes de l'axe des Andes qu'elles sont d'une époque plus récente; toutes ces formations étaient évidemment littorales. Rien jusqu'à présent ne permet de dire quelles étaient les limites septentrionale et méridionale de ce continent pendant l'époque crétacée.

X

Le mode de croissance des récifs de coraux a donné lieu dans ces derniers temps à une assez vive controverse, les uns pensant avec Darwin que ces organismes ne peuvent s'accroître que par un affaissement continu du sol, tandis que d'autres supposent que le développement de ces petits êtres est facilité par l'exhaussement des côtes. Aussi une étude consciencieuse, comme celle de MM. Jukes-Browne et Harrison sur la Barbade [1], présente-t-elle une grande importance, parce qu'elle apporte de nombreux éléments nouveaux pour la solution de cette question.

Les auteurs s'occupent d'abord des récifs de coraux qui vivent et s'accroissent actuellement autour de l'île. Ils font remarquer que celle-ci n'est pas d'origine volcanique et qu'elle est soumise à un exhaussement important et de longue durée, sans le plus petit indice d'un affaissement intermittent; les coraux récents se sont formés sur un fond stationnaire ou s'élevant lentement, mais qui certainement ne s'abaissait pas. Ils pensent que des récifs peuvent se développer sur un fond de 25 à 30 brasses, de sorte qu'en supposant le sol stationnaire, le récif peut atteindre une épaisseur de 180 pieds. Ils ont remarqué en outre qu'il y a toujours des dépôts de débris de coraux et de sables calcareux en avant des plus bas récifs, de telle sorte que si la région vient à s'élever, ce fond de débris peut parvenir à la limite de la croissance des coraux et former la base d'un nouveau récif; c'est ainsi qu'il peut y avoir 20, 30 ou même 50 pieds de ces matériaux à la base des récifs actuels.

En dehors de ces coraux encore situés sous la mer, la Barbade présente sur la plus grande partie de sa surface une roche corallienne ou un calcaire formé principalement de débris de coraux. Cette roche constitue une sorte de manteau recouvrant les formations plus anciennes qui occupent le noyau de l'île, mais ne se montrent pas comme une seule nappe continue; il consiste au contraire en un certain nombre d'étages ou de plates-formes séparés, construits les uns autour des autres à mesure que l'île sortait lentement de la mer. Chacune de ces plates-formes était autrefois un récif frangeant comme celui qui entoure encore maintenant la plus grande partie de l'île; elles forment une succession de terrasses d'une largeur plus ou moins grande, s'élevant l'une au-dessus de l'autre depuis le niveau de la mer jusqu'à l'altitude de 1100 pieds environ au centre de l'île, chacune de ces terrasses étant un peu plus ancienne que celle qui lui est inférieure.

Les auteurs ont constaté que l'épaisseur d'un récif de coraux formé dans une région stationnaire ou en voie d'exhaussement n'excède pas souvent 200 pieds et atteint rarement 260; mais il ne faut pas en conclure que les coraux peuvent commencer à vivre à une profondeur d'eau aussi grande, car il y a toujours à la base une couche d'une certaine épaisseur formée de débris de coraux, de sables, etc. La profondeur d'eau maxima qui a

[1] *Quarterly Journal Geol. Soc.*, t. XLVII, p. 197.

été constatée pour les récifs croissants est d'environ 130 pieds.

La roche détritique de la base des anciens récifs peut atteindre jusqu'à cinquante pieds, et peut-être même davantage; elle semble s'être accumulée à l'extérieur d'un récif plus ancien. Quant à la disposition en terrasses successives, elle peut être expliquée par ce fait que des périodes de repos ou de soulèvement lent ont alterné avec des périodes plus courtes d'exhaussement rapide.

MM. Jukes-Browne et Harrison ont pu recueillir quelques mollusques fossiles dans les récifs soulevés de la Barbade; toutes les espèces appartiennent à un âge géologique très récent, bien que certaines formes soient jusqu'à présent inconnues dans la Mer des Caraïbes. Ces récifs datent certainement du Pléistocène et probablement du Pléistocène le plus récent, contrairement à ce que pensait le Prof. Duncan. Ce géologue rapportait en effet ces dépôts coralligènes au Miocène, en s'appuyant sur la ressemblance des coraux avec des espèces connues dans les terrains miocènes de l'Europe. Mais il est maintenant prouvé que cette ressemblance est beaucoup moindre qu'il ne le supposait et d'ailleurs l'argument fourni par les mollusques a une importance bien plus grande que celui tiré de ces organismes bien difficiles à déterminer avec certitude dans l'état de conservation où on les rencontre. De plus, il ne faut pas oublier qu'il existe à la Jamaïque et à Saint-Domingue des fossiles (mollusques et coraux) du Tertiaire supérieur, très différents de ceux qui ont été recueillis à la Barbade.

Quoi qu'il en soit d'ailleurs de cette question d'âge, il n'en reste pas moins établi que les récifs de coraux peuvent se développer sur un fond de mer soumis à un exhaussement plus ou moins rapide sans alternative d'affaissement.

XI

Nous avons déja appelé l'attention l'an dernier sur des phénomènes intéressants de plissement et de renversement présentés par différentes parties de la chaîne des Alpes; depuis cette époque, de nombreuses observations nouvelles ont été publiées sur le même sujet : nous rendrons compte de quelques-unes d'entre elles.

Dans les Alpes-Maritimes, M. Zurcher[1], poursuivant à l'Est les remarquables études de M. Bertrand sur les plis couchés de la Provence, s'est occupé des environs de Roquebrussane et de Brignoles (Var). Les couches rencontrées dans cette région comprennent le Trias, le Jurassique (Infralias, Lias moyen, Lias supérieur, Bajocien, Bathonien, Jurassique supérieur), puis le Crétacé, qui se divise de la façon suivante :

Urgonien	Calcaires blancs compacts à Requienies.
Aptien...	Marnes à *Belemnites semicanaliculatus.* Calcaire à silex.
Sénonien	Calcaires marnes et grès à hippurites et radiolites avec nombreux polypiers. Marnes et grès à *Rhynchonella difformis.* Grès bariolés.
Danien...	Grès bariolés. Marnes à *Melanopsis galloprovincialis.* Calcaires et grès à *Cyrena galloprovincialis.*

Ces différentes assises sont loin de se suivre régulièrement; le Crétacé occupe la ligne de dépression axiale (E.-O.) de la région considérée, mais le Sénonien et le Danien se voient seuls sur la plus grande partie de la longueur de la vallée, les étages inférieurs n'apparaissant qu'à son extrémité orientale. Le grand intérêt de l'étude de cette région consiste dans les successions anormales constatées en de nombreux points; c'est ainsi qu'à l'ouest de Mazauges, on peut voir la superposition la plus nette de l'Infralias surmonté de Lias, aux bancs détritiques et aux calcaires du Sénonien, suivant un plan très peu incliné.

De même au sud de la ferme de Candelon, les dolomies jurassiques recouvrent le calcaire à hippurites replié sur lui-même en forme de W. Enfin au sud de la bastide du Pérégrinage, à l'ouest de Flassans, les calcaires compacts de la région moyenne de l'Infralias sont superposés de la façon la plus nette aux couches marneuses du Bathonien inférieur.

Indépendamment des superpositions anormales constatées directement, la région considérée présente des contours tellement étranges, qu'ils ne peuvent être expliqués que par l'hypothèse d'un vaste pli couché venu du Sud et ayant amené la superposition d'une masse triasique et jurassique aux couches crétacées. Ce pli serait l'extrémité orientale de celui de la Sainte-Beaume décrit par M. Bertrand.

XII

Le nombre des plis couchés constatés dans les Alpes augmente d'ailleurs très rapidement à mesure que les études de détail se poursuivent. C'est ainsi que M. Kilian signale un accident de ce genre dans le massif de Varbuche entre Moutiers et Saint-Jean-de-Maurienne.

La coupe menée de l'est à l'ouest par les aiguilles de la Grande Moënda, le Coin et le Bonnet-du-Prêtre, montre la succession suivante de haut en bas, les couches semblant former une série continue et régulière :

Trias supérieur
Infralias

[1] *Bull. Services Carte géol. France.*

Lias
Infralias
Trias supérieur
Trias moyen
Trias supérieur
Infralias
Lias
Infralias
Trias supérieur
Trias moyen
Nummulitique

Ces faits s'expliquent très bien par l'existence d'un pli couché, qui n'est d'ailleurs pas hypothétique, mais peut se voir directement sur le flanc nord de la Grande Moënda. Il n'en est pas moins intéressant de constater dans une série d'aspect régulier l'apparition des mêmes couches à quatre reprises différentes.

XIII

L'origine des cargneules et des gypses qui se montrent si fréquemment dans le Trias préoccupe depuis longtemps les géologues. M. Kilian [1], étudiant les chaînes comprises entre Moutiers (Savoie) et Barcelonnette (Basses-Alpes), a constaté la succession suivante des couches triasiques :

a. Quartzites, assise très constante et bien connue.

b. Cargneules et gypses atteignant un grand développement dans certaines localités (Ceillac), réduits ailleurs à une assise de quelques mètres seulement, et disparaissant totalement au nord de l'Arc.

c. Calcaires dolomitiques, formant une bande à peu près continue de la Vanoise à l'Ubaye et s'atténuant fortement à l'ouest.

d. Gypses et cargneules supérieurs bien développés en Maurienne.

Les gypses et cargneules d'une part et les calcaires dolomitiques de l'autre ne seraient que des modifications diverses d'un seul et même ensemble, car on peut voir le passage latéral de l'une de ces séries à l'autre soit au Grand-Galibier, soit au mont Genèvre. De plus leurs épaisseurs paraissent croître aux dépens l'une de l'autre, et leur position relative est très variable, les gypses et cargneules occupant tantôt la base, tantôt la partie supérieure des calcaires. Enfin, on remarque fréquemment dans les gypses des blocs anguleux de calcaire noyés dans la masse sulfatée et semblant, comme les fragments analogues contenus dans les cargneules, n'être autre chose que des restes de la roche primitive, épargnés par la transformation qu'a subie la masse entière.

XIV

M. Renevier émet une opinion différente basée sur les recherches qu'il poursuit depuis de longues années dans les Alpes vaudoises [1]. Il proteste contre l'opinion, plusieurs fois soutenue, que les gypses et cargneules (cornieules) sont le produit d'altérations épigéniques postérieures, sur toutes sortes de terrains, par des émanations gazeuses, le long des lignes de fracture du sol, et déclare que, pour lui, l'origine sédimentaire, simultanément hydrochimique et mécanique, des gypses, cargneules et calcaires dolomitiques alpins est surabondamment démontrée.

La stratification des gypses est nettement visible, celles des cargneules l'est moins, mais elle ne peut pourtant être révoquée en doute ; or, si ces roches étaient un produit de métamorphisme, elles ne devraient constituer qu'une masse informe. Quant à la présence de lambeaux de cargneule interstratifiés dans le gypse ou de lentilles de gypse dans la cargneule, elle s'expliquerait par une différence momentanée dans la concentration de la nappe d'eau. Il semble d'ailleurs impossible de comprendre, dans l'hypothèse de la transformation postérieure, comment un même agent peut métamorphiser un calcaire partie en gypse, partie en dolomie.

Enfin le phénomène aurait dû se produire principalement le long des failles, ce qui n'a pas lieu ; le gypse se trouve dans des régions tranquilles, tandis que le calcaire existe dans les parties les plus fracturées.

Pourquoi d'ailleurs chercher une origine métamorphique aux gypses, quand on les voit se former de nos jours concurremment avec le sel, absolument comme dans les dépôts triasiques (mer Morte, Caspienne, etc.).

M. Renevier conclut que les roches salines, gypseuses et dolomitiques, associées dans les Alpes vaudoises, constituent une formation d'une nature particulière, analogue aux dépôts actuels des nappes extra-salées. Les calcaires dolomitiques devaient se former dans les eaux les moins salées, peut-être les moins profondes ; le gypse, l'anhydrite et enfin le sel gemme demandaient un degré de concentration de plus en plus grand qui pouvait exister simultanément en différents points des lacs salés ou mers intérieures de l'époque triasique.

L'accord, on le voit, n'est pas encore fait sur la délicate question de l'origine des gypses, des sels et des cargneules ; l'opinion de M. Renevier est, en effet, absolument opposée à celle émise presque en même temps par M. Kilian.

G. Carez,
Docteur ès sciences.

[1] *Comptes rendus Ac. Sc.*, 5 janvier 1891.

[1] *Eclogæ geol. Helvetiæ*, t. II, p. 229.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Darboux (G.), *Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.* — **Leçons sur la théorie générale des surfaces.** *Troisième partie, deuxième fascicule*, (15 *fr. le volume*). *Gauthier-Villars, Paris*, 1891.

M. Darboux poursuit la publication de ses *Leçons sur la théorie générale des surfaces*. Les lecteurs de la *Revue* connaissent déjà l'esprit général et la portée de cet ouvrage par l'étude qu'en a faite M. Tannery (1891, n° 3).

Le deuxième fascicule du troisième volume est encore consacré à la théorie des surfaces applicables. La place d'honneur y est réservée aux remarquables théorèmes de M. Weingarten sur les surfaces (surfaces W), dont les rayons de courbure ont entre eux une relation. M. Weingarten relie le problème de la détermination de ces surfaces à deux autres : l'un, dont on connaît un certain nombre de solutions : « Mettre l'élément linéaire de la sphère sous la forme :

$$d\sigma^2 = \alpha\, du^2 + \psi(\alpha)\, dv;$$

le second, qui n'est autre que la recherche des surfaces applicables sur une surface de révolution. On appréciera l'importance de ce résultat par ce fait qu'il fournit un cas nouveau, le seul connu en dehors de celui du plan, pour lequel on sait résoudre le problème des surfaces applicables : ce cas est celui du paraboloïde de révolution.

Les théorèmes dont nous venons de parler donnent à la développée ou surface des centres un intérêt capital. Aussi le chapitre VIII est-il consacré à cette surface et à l'étude de ses éléments infinitésimaux, quand on connaît ceux de la surface primitive. A cette étude, M. Darboux rattache une importante question destinée à revenir à propos des surfaces à courbure constante, et relative aux lignes droites ou courbes liées à une surface qui se déforme. Les résultats obtenus dans ce chapitre permettent alors de reprendre les surfaces de M. Weingarten, de démontrer, sur leurs lignes de courbure et les asymptotiques de leurs développées, deux importantes propositions, et, en particulier, d'étudier d'une façon détaillée les surfaces applicables sur le paraboloïde de révolution, ce qui mène à une définition géométrique simple de ces surfaces.

M. Darboux aborde ensuite les surfaces à courbure totale constante. Là encore les théorèmes de M. Weingarten trouvent leur application, et cela de deux manières différentes. Car les surfaces à courbure constante sont des surfaces W et aussi des surfaces applicables sur certaines surfaces de révolution. Le premier point de vue a été le plus étudié : il donne le moyen de former simplement l'équation dont dépend la solution du problème et de trouver plusieurs propriétés importantes des surfaces en question. L'exposition de ces propriétés est faite dans un chapitre spécial et avec un soin tout particulier pour les surfaces à courbure constante négative qui offrent un si puissant intérêt en raison de leurs rapports avec les principes fondamentaux de la géométrie (géométrie non-euclidienne). Leur représentation plane est liée également aux travaux les plus récents de l'Analyse, tels que la théorie des fonctions fuchsiennes de M. Poincaré.

M. Bianchi a envisagé le second point de vue et en a tiré une méthode de transformation qui permet de déduire d'une surface quelconque à courbure constante une double infinité de surfaces jouissant de la même propriété et dont la détermination, ainsi que l'a montré M. Lie, se ramène à des quadratures. Cette méthode revient au fond à une méthode donnée par M. Ribaucour, qui la rattache aux questions de géométrie auxquelles il a été fait allusion précédemment. Enfin cette même méthode est susceptible d'une interprétation analytique très simple et se relie à des recherches de M. Bäcklund par l'exposition desquelles M. Darboux termine le volume.

J. Hadamard.

Milne (Rev. John. J.) and **Davis** (R. F.). — **Geometrical Conics.** (2 *fr.* 50). *Macmillan et C°, Bedford Street*, 29, *Covent Garden, London*. 1890.

Ce petit volume traite uniquement de la parabole; les auteurs y ont réuni, sous forme didactique, toutes les propriétés de cette courbe; un grand nombre d'exemples choisis avec soin et des problèmes intéressants, classiques d'ailleurs pour la plupart, terminent l'ouvrage. L. O.

2° Sciences physiques.

Georges Dumont : Annales d'Electricité et de Magnétisme 1889-1890. — *Un beau volume grand in-8°, 428 pages, 570 gravures* (12 *francs*). *Veuve Larousse*, 15, *rue Montparnasse, Paris*, 1891.

La préface de M. Dumont constitue la meilleure bibliographie de son ouvrage; aussi ne saurions-nous mieux faire que d'en transcrire quelques lignes :

« L'accueil qui a été fait à notre dictionnaire nous a démontré qu'il est véritablement utile à l'inventeur, au praticien, et, en général, à tous ceux qui ont besoin d'avoir immédiatement un renseignement théorique ou pratique.

« Mais l'œuvre serait évidemment incomplète si nous ne suivions pour ainsi dire au jour le jour les progrès si rapides faits par cette science nouvelle, « l'Electricité ». Aussi avons-nous l'intention de publier périodiquement, à intervalles aussi rapprochés qu'il sera nécessaire, et sous forme de dictionnaire, les faits nouveaux qui viennent compléter les renseignements contenus dans notre premier ouvrage. Ces publications, qui constitueront des suppléments au Dictionnaire de 1888, porteront le nom d'*Annales de l'Electricité*. »

Nous avons dit, il y a peu de temps, tout le bien que nous pensions du Dictionnaire d'Electricité; nous ne pouvons que le répéter au sujet de ces *Annales*, rassemblées et éditées avec le même soin, la même conscience, et dignes, à tous les points de vue, de continuer l'œuvre si bien commencée.

Dans l'immense littérature électrique de notre temps, il est inévitable que l'on rencontre un grand nombre de travaux sans valeur, beaucoup de répétitions, des discussions dont, après quelques années, le résultat seul importe, les diverses étapes de l'étude d'une question, étapes dont la connaissance ne peut intéresser que l'historien. Pour le praticien, la conclusion seule, le progrès définitivement acquis est intéressant. Il faut donc élaguer beaucoup, et condenser ce qui lui reste; enfin, disposer le tout sous une forme qui épargne des recherches. Tel est le but de ces *Annales*, qui rendront le plus grand service.

Puisse l'auteur, qui continue seul l'œuvre commencée avec une si précieuse collaboration, ne pas se lasser de ce labeur de bénédictin, et nous donner pendant de longues années encore les suites qu'il nous promet. Cette série du Dictionnaire constituera le véritable *vade mecum* de la science électrique.

Ch. Ed. Guillaume.

Poisson (Albert). — **Théorie et symboles des alchimistes.** *1 vol. in-8°. Chacornac, 11, quai Saint-Michel. Paris*, 1891.

L'éditeur Chacornac publie une collection d'ouvrages relatifs aux sciences hermétiques, qui comprend, à côté des divagations de M. Tiffereau, l'alchimiste du XIX^e siècle, et de fantaisies dues à M. Lermina, des études consciencieuses sur l'alchimie, par M. Albert Poisson. L'ouvrage que nous signalons aujourd'hui est divisé en deux parties. Dans la première, l'auteur résume très nettement les théories alchimiques; dans la seconde, il s'attache à interpréter les symboles que l'on retrouve constamment dans les traités hermétiques, et déchiffre un certain nombre des rébus que constituent les figures de ces ouvrages. Ce petit livre se termine par une bibliographie des principales œuvres des alchimistes. Georges CHARPY.

Guye (Philippe A.), *Docteur des Facultés des Sciences de Genève et de Paris.* — **Etude sur la dissymétrie moléculaire.** *Thèse pour le doctorat présentée à la Faculté des Sciences de Paris. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins, Paris*, 1891.

Les travaux de Pasteur, et ceux de MM. le Bel et Van T'Hoff sur la dissymétrie moléculaire ont conduit aux conclusions suivantes :

Tout milieu actif sur la lumière polarisée est par cela même dissymétrique ;

Le pouvoir rotatoire des cristaux dont les solutions sont inactives a pour seule cause la structure cristalline dissymétrique ;

Le pouvoir rotatoire des corps liquides dissous a pour seule cause la structure dissymétrique de la molécule, en d'autres termes, l'arrangement dissymétrique des atomes dans la molécule ;

C'est à l'étude de cette dernière proposition qu'est consacré le travail de M. Guye. On peut résumer cet important mémoire, dans ses grandes lignes, de la façon suivante :

Toute molécule optiquement active, contenant un atome de carbone asymétrique (Le Bel et Van T'Hoff), peut être représentée graphiquement par un tétraèdre, au centre duquel se trouve un atome de carbone, quatre radicaux différents étant placés aux sommets.

La dissymétrie de la molécule peut être mesurée par le produit $P = d_1 \times d_2 \times d_3 \times d_4 \times d_5 \times d_6$, les lettres d représentant les distances du centre de gravité aux 6 plans de symétrie du tétraèdre. Ce *produit d'asymétrie* s'annule, en effet, si le carbone n'est pas asymétrique; de plus, il change de signe quand on passe de la dissymétrie droite à la dissymétrie gauche.

Si donc on détermine pour les composés actifs, d'une part le produit d'asymétrie, d'autre part le pouvoir rotatoire, on doit trouver que ces deux grandeurs conservent toujours le même signe. Une substitution qui déplace le centre de gravité de la molécule de façon à changer le signe du produit d'asymétrie, doit fournir un composé dont le pouvoir rotatoire est de signe contraire à celui du composé primitif.

Dans une première approximation, on peut supposer les masses des quatre radicaux concentrées aux sommets du tétraèdre.

En opérant de cette façon, M. Guye a pu vérifier l'exactitude de ses déductions sur plus de 100 dérivés actifs, notamment sur des dérivés amyliques, tartriques et maliques. Quelques exceptions, observées avec des corps pour lesquels les quatre radicaux ont des masses très peu différentes, semblent indiquer que l'hypothèse des masses concentrées aux sommets du tétraèdre n'est qu'une première approximation. M. Guye se réserve de revenir sur ce point.

Nous n'avons fait que signaler l'idée qui domine cet important travail. Au cours de ses recherches M. Guye a rencontré plusieurs particularités intéressantes, notamment une relation entre la position du centre de gravité de la molécule et l'inclinaison des facettes hémièdres dans les dérivés tartriques, l'interprétation de certains faits d'équilibre chimique au moyen des lois du pouvoir rotatoire, etc. Nous ne pouvons que signaler ici ces détails, espérant que ce rapide résumé aura suffi à montrer à quel point les recherches de M. Guye sont empreintes de hardiesse et d'originalité.

G. CHARPY.

3° Sciences naturelles.

Perdrix (L.). — **Sur les fermentations produites par un microbe anaérobie de l'eau.** *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris.* (*Annales de l'Institut Pasteur, Mai* 1891.)

Le mémoire de M. L. Perdrix présente un très grand intérêt et mériterait mieux qu'une analyse bibliographique, forcément sommaire; il est intéressant surtout par le jour qu'il jette sur certains côtés obscurs jusqu'ici de la fermentation des matières amylacées ; je vais tenter d'en donner ici une idée au lecteur.

1° M. Perdrix a isolé son bacille de l'eau des conduites de la ville de Paris et lui a donné le nom de *bacille amylozyme*, pour spécifier la propriété qu'il possède de faire fermenter l'amidon.

2° Séparation et purification du bacille. — Pour obtenir le bacille cherché, M. Perdrix se sert de la pomme de terre. Des fragments de pommes de terre sont introduits dans des tubes à essais, à parois résistantes, avec un peu d'eau; le tout est stérilisé à l'autoclave. On y ensemence ensuite quelques gouttes d'eau des conduites de Paris, puis le vide est fait avec la pompe à mercure, les tubes scellés au chalumeau et placés à l'étuve. Au bout de quelques jours, un peu de cette première culture est prélevé au moyen d'une pipette et maintenu dix minutes à 88°. Le produit de cette opération est ensuite ensemencé sur des tubes à pommes de terre de Roux, par stries. En quelques jours, on obtient des colonies isolées qui permettent d'obtenir rapidement des cultures pures.

3° Morphologie et physiologie générale du bacille amylozyme. — Ce bacille est mobile ; il a de 2 à 3 μ de long et 0,5 μ de large; la présence de l'oxygène arrête complètement ses mouvements. Il se colore facilement et produit des spores très faciles à observer. Le bacille amylozyme est essentiellement anaérobie ; il ne peut pousser à l'air, mais croît facilement dans le vide, dans l'hydrogène, l'azote ou l'acide carbonique. La température optimum est 35° environ. Il se développe en dégageant une grande quantité de gaz. Le bacille amylozyme pousse bien dans les liquides employés ordinairement en microbiologie ; il fait fermenter les sucres, agit énergiquement sur la matière amylacée, mais n'a pas d'action sur la cellulose et sur le lactate de chaux. Ces propriétés le différencient de l'Amylobacter de M. Van Tieghem et du vibrion butyrique de M. Pasteur. Il est très sensible aux acides et aux alcalis : la culture s'arrête quand l'acidité atteint 0,10 % et l'alcalinité 0,08 %. Comme ce bacille transforme partiellement les hydrates de carbone en acides, il convient, pour avoir des fermentations complètes, d'ajouter du carbonate de chaux dans les vases de culture.

4° Fermentation des sucres. — Avec le glucose, les gaz dégagés sont de l'acide carbonique et de l'hydrogène en proportion à peu près égale. Les acides produits sont de l'acide acétique et de l'acide butyrique, ce dernier fournissant à lui seul 80 % de la masse totale des acides fixes. Avec le saccharose et le lactose, les résultats ont été semblables.

5° Fermentation de la matière amylacée. — Sur les substances amylacées, le bacille amylozyme commence par provoquer par hydratation de l'amidon un sucre susceptible de fermenter comme le glucose. Ce sucre peut être constaté et dosé dans les cultures, grâce à la sensibilité du microbe aux acides; il suffit, pour cela, de ne pas introduire de carbonate de chaux dans la culture. Si, au contraire, on a incorporé ce dernier sel, la culture ne devient pas acide, et le sucre formé fer-

mente au fur et à mesure de sa production, et à la fin de l'expérience on trouve seulement un mélange d'acétate et de butyrate de chaux.

La caractéristique du bacille amylozyme, dans les milieux amylacés, c'est de produire des alcools éthylique et amylique dans la proportion de 2 à 3 °/₀ du poids des pommes de terre employées. Le sucre formé dont nous avons parlé plus haut est très voisin du glucose, mais il en diffère par son pouvoir rotatoire; sous l'influence de la levure de bière, il subit la fermentation alcoolique ordinaire. Si l'on mélange de la levure de bière et du bacille amylozyme, et qu'on fasse agir ce mélange sur des substances amylacées, tout se passe comme si chacun d'eux était seul : l'amylozyme transforme l'amidon en sucre et la levure agit sur ce sucre pour en faire de l'alcool. L'alcool produit par les deux organismes réunis contient de l'alcool amylique. D'où vient-il? M. Perdrix montre que la levure de bière agissant seule sur le sucre de fécule ne peut produire cet alcool amylique. C'est donc l'amylozyme qui est l'auteur de cette production d'alcool amylique. Cette étude a conduit M. Perdrix à penser que, dans les fermentations industrielles (alcools de pomme de terre et de grains), la présence de l'alcool amylique est due à l'action de microbes anaérobies pour lesquels l'amidon est un aliment, microbes qui se trouvent mêlés à la levure commerciale. C'est par cette intéressante conclusion pratique que M. Perdrix termine son importante étude.

Dr H. Dubief.

Arthus (Maurice). — **Recherches sur la coagulation du sang.** *Thèse de la Faculté des sciences de Paris. H. Jouve, imprimerie des Ecoles, 15, rue Racine, Paris*, 1891.

Le sang qui circule à l'état fluide dans l'organisme normal se coagule quand il est extrait des vaisseaux ou bien, encore parfois dans les vaisseaux eux-mêmes sous l'influence de certaines altérations morbides. Le phénomène de la coagulation est donc plutôt pathologique que physiologique : toutefois il intéresse également le médecin et le physiologiste, car celui-ci peut arriver à savoir comment le sang reste fluide à l'état normal par la connaissance du mécanisme de la coagulation.

Les recherches expérimentales ont fait connaître un assez grand nombre de conditions qui s'opposent à la formation du caillot fibrineux. Parmi les principales on peut citer l'action du froid, de certaines solutions de sels neutres, l'intégrité des parois vasculaires. A ces conditions MM. Pagès et Arthus viennent d'en ajouter une nouvelle. Une petite quantité d'un oxalate alcalin ajouté au sang, au moment de sa sortie des vaisseaux, lui conserve sa fluidité; mais la coagulation peut se produire quand à ce sang, oxalaté on ajoute une quantité donnée de chlorure de calcium. On avait noté déjà la fluidité du sang dans les empoisonnements par l'oxalate de potasse, mais on n'avait pas songé à tirer de ce fait les considérations importantes relatives au mécanisme de la coagulation qui font l'objet principal du mémoire de M. Arthus.

L'auteur montre comment les travaux de Denis (de Commercy), de Buchanan (de Glascow), de Schmidt (de Dorpat), de Brücke, ont conduit la généralité des physiologistes à admettre que la formation du caillot fibrineux nécessite le concours de trois substances albuminoïdes : une substance fibrinogène, une substance plastique et un fibrinferment.

Hammarsten toutefois n'admet comme nécessaires que la susbtance fibrinogène et le fibrinferment : sous l'influence de ce dernier, la matière fibrinogène se dédouble en deux substances : la fibrine qui se dépose et une globuline qui reste en dissolution. Il découvre que le troisième albuminoïde considéré comme indispensable par Schmidt, la substance fibrinoplastique, peut être remplacé par le *chlorure de calcium*, et démontre par là le rôle essentiel des composés calciques au point de vue fibrinoplastique.

D'ailleurs, Freund, considérant que la fibrine renferme toujours des cendres, qui sont généralement formées de chaux et de magnésie à l'état de phosphates, avait été également conduit à penser que les phosphates alcalino-terreux jouent un rôle important dans la coagulation du sang.

C'est ce rôle important que M. Arthus s'est proposé de mettre en lumière et de préciser en s'appuyant sur de nombreuses expériences sur le sang et sur des recherches faites antérieurement avec M. Pagès sur l'action du labferment sur le lait [1].

De l'ensemble de ce travail M. Arthus tire les conclusions suivantes :

Du sang additionné d'un oxalate ou d'un fluorure alcalin (moins de 0, 1 °/₀ de chlorure, moins de 0, 2 °/₀ de fluorure) est rendu incoagulable spontanément; et ce n'est ni en détruisant le fibrinogène ou le fibrinferment, mais seulement en précipitant les sels de calcium que ces sels rendent le sang non spontanément coagulable.

La fibrine est un composé calcique et les sels de calcium sont bien des agents fibrino-plastiques en ce sens que le fibrinferment ne peut agir sur le fibrinogène qu'en présence de sels de calcium.

Les sels de strontium ont les mêmes propriétés que les sels de chaux, mais il n'existe ni fibrine barytique, ni fibrine magnésienne.

La coagulation du sang est d'ailleurs un phénomène de même ordre que la caséification du lait, qui consiste dans une transformation chimique d'une substance albuminoïde sous l'influence d'un ferment et la production d'un composé alcalino-terreux.

La caséine est l'homologue du fibrinogène, le labferment du fibrinferment, le caséum de la fibrine, la substance albuminoïde du petit lait de la globuline de Hammarsten, coagulable à 64°.

Ces résultats expérimentaux donnent à la théorie d'Hammarsten, qu'ils complètent, une plus grande netteté et permettent de se faire une idée plus précise de ce que l'on doit entendre par substance fibrinoplastique dans la théorie de Schmidt.

La formation de la fibrine nécessite donc bien trois substances comme le prétend Al. Schmidt : une substance fibrinogène, une substance fibrinoplastique et un fibrinferment; mais la substance fibrinoplastique n'est pas une paraglobuline, c'est un *composé calcique*.

Pour expliquer comment le sang reste fluide dans les vaisseaux, il est nécessaire d'admettre, d'après M. Arthus, que le fibrinferment ne préexiste pas dans le sang circulant et qu'il ne se forme pas par suite de l'activité vitale des éléments cellulaires en dehors des vaisseaux : il résulterait de la *destruction des éléments cellulaires*.

Il est peut-être regrettable que M. Arthus n'ait pas insisté sur la différence qu'il admet entre l'activité vitale des éléments cellulaires en dehors des vaisseaux et leur destruction, qui peuvent être considérés cependant comme un seul et même phénomène biologique. D'autre part le rôle actif capital du fibrinferment ne nous paraît pas encore suffisamment expliqué pour que l'on puisse considérer la coagulation du sang comme un phénomène *chimique*.

Hâtons-nous de dire cependant qu'on ne saurait méconnaître l'importance du fait expérimental signalé par M. Arthus et des déductions ingénieuses qu'il en a tirées tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique; il serait à désirer que l'on apportât toujours dans l'étude des phénomènes biologiques une rigueur expérimentale aussi grande que celle qui a été mise en pratique par l'auteur des *Recherches sur la coagulation du sang*.

Dr Raphael Dubois.

[1] Archives de Physiologie (avril et juillet 1890).

4° Sciences médicales.

Hugounenq (Louis), *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Lyon.* **Traité des poisons. Hygiène industrielle. Chimie légale** (8 *fr.*) *G. Masson*, 120, *boulevard Saint-Germain, Paris*, 1891.

M. Hugounenq a reproduit dans ce livre les conférences de toxicologie faites pendant trois ans à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon. Ce volume comble une lacune qui existait depuis longues années dans la littérature d'enseignement médical. Il manquait, en effet, un livre assez élémentaire dans lequel le lecteur pût trouver tous les renseignements concernant la toxicologie de tel ou tel corps et les considérations auxquelles peut prêter cette étude toxicologique dans les différentes applications dont ce corps est susceptible. Il est précieux, aussi bien pour l'étudiant que pour le spécialiste, de pouvoir, par la lecture de quelques pages, acquérir une notion exacte de l'importance et de l'intérêt que présentent le phosphore, l'arsenic, le plomb, le chloroforme, les alcaloïdes, etc., au point de vue de l'hygiène des ouvriers qui fabriquent ou manient ces produits, de leur emploi à titre médicamenteux, des symptômes et des lésions que leur absorption détermine. C'est là une façon toute spéciale d'envisager l'étude des corps et dont l'utilité, au point de vue médical, n'a pas besoin d'être mise en évidence.

Ne voulant pas s'en tenir aux classifications physiologiques, encore mal arrêtées, l'auteur a divisé en quatre groupes les corps dont il a fait l'étude. Le premier comprend les composés minéraux indestructibles et faciles à isoler : arsenic, antimoine, plomb, mercure, zinc, etc. Le second comprend les caustiques : acides et alcalis. Le troisième renferme les composés volatils, minéraux ou organiques : phosphore, gaz vénéneux, alcool, anesthésiques, acide cyanhydrique, etc. Enfin, le quatrième comprend les alcaloïdes et les composés analogues. C'est l'ordre en quelque sorte imposé par les procédés de recherche chimique ; et il offre l'avantage de familiariser progressivement le lecteur avec la complication que présente tant la recherche chimique que l'étude toxicologique proprement dite de chaque composé.

Au point de vue purement toxicologique, on constate cependant, dans cet ouvrage, certaines lacunes regrettables : c'est ainsi que la localisation des poisons n'est pas traitée avec les détails dont elle est susceptible et l'importance qu'elle mérite ; le fait de la persistance de l'oxyde de carbone dans le sang, très longtemps après la mort, n'est même pas mentionné ; l'auteur dit, à propos de l'empoisonnement par les vapeurs de sulfhydrate d'ammoniaque dans les fosses d'aisances, que l'analyse spectrale du sang ne présente rien de particulier, ce qui est en complet désaccord avec les observations faites jusqu'ici, au moins lorsque l'autopsie n'est pas trop longtemps différée ; ce sont là autant de détails qu'il serait indispensable de trouver dans un livre comme celui de M. Hugounenq, car le lecteur ne pensera pas à aller les chercher ailleurs. En revanche, certains chapitres sont remarquables et présentent un vif intérêt : tels sont ceux qui traitent de généralités au sujet de la toxicologie, du poison, de l'étude physiologique et médico-légale de l'empoisonnement, de la recherche chimique des poisons et de la putréfaction ; on est vraiment désappointé à la lecture d'autres chapitres dans lesquels on se trouve réduit à une assez sèche description des procédés de recherche chimique des alcaloïdes. Il semblerait que l'auteur n'ait pas saisi toute l'immense utilité, la nécessité absolue même de l'intervention de l'expérimentation physiologique pour confirmer et préciser les résultats de l'analyse chimique. J'ai bien remarqué, en certains points, qu'il était question de l'expérimentation sur les animaux, de l'utilisation des symptômes, etc., mais cette mention est tellement accessoire qu'elle se perd tout à fait dans l'exposé des caractères et des réactions chimiques et que le lecteur ne peut pas se faire une idée de l'importance capitale de ce moyen d'observation en toxicologie.

Pour ne citer que quelques exemples, il est à peine question de l'action, pourtant si remarquable, de la vératrine sur la fibre musculaire, de celle de l'aconitine sur le cœur de la grenouille, alors que les indications obtenues dans ces cas par une expérimentation physiologique bien conduite sont de beaucoup supérieures à toutes les réactions chimiques qu'elles doivent, je ne saurais trop y insister, confirmer absolument.

Certes, il est utile de pouvoir obtenir, comme résultat des opérations chimiques, un corps bien pur, cristallisé, offrant des réactions précises ; mais, grâce à l'intervention des méthodes si délicates et si exactes de l'expérimentation physiologique, il est possible de vérifier ces premières observations et d'acquérir, au point de vue médico-légal, la certitude que l'on ne peut obtenir sans cela.

Voilà une lacune considérable dans le travail de M. Hugounenq et, bien qu'il nous dise dans sa préface, que ce livre « n'est pas un traité complet du poison et de l'empoisonnement », il n'en est pas moins vrai qu'il ne justifie pas suffisamment son titre de *Traité des poisons.* Il me paraît injustifiable de ne pas donner, actuellement, la plus large place à l'expérimentation physiologique et à la description de ses méthodes si précieuses, dans les chapitre qui traitent des empoisonnements par les alcaloïdes.

Dr Gabriel Pouchet.

Leed et Davis. The chemistry and clinical value of sterilized Milk. (*La composition chimique et la valeur clinique du lait stérilisé.*) — *The american Journal of the medical sciences, page* 561. *Juin* 1891.

Dans la première partie de ce travail, M. Leed s'est attaché à déterminer les modifications que subissent les éléments constituants du lait, quand ce liquide est stérilisé par la chaleur. Mais avant d'exposer le résultat de ses recherches personnelles, le professeur de chimie du *Stevens Institut* passe en revue les travaux nouveaux entrepris sur le lait, entre autres les recherches de M. Duclaux sur les trois états de la caséine dans le lait, ainsi que celles de M. Halibuston et de M. Béchamp.

M. Leed insiste sur l'existence dans le lait d'un ferment capable de liquéfier l'amidon, ferment qui existe après passage à travers le filtre Pasteur. Ce ferment se détruit à 75°. Le lait de femme aurait sur l'amidon une action plus énergique encore que le lait de vache. Examinant successivement l'action de la présure, de l'acide chlorhydrique, du suc gastrique et du suc pancréatique, l'auteur fait voir que du lait porté au-dessus de 75° a subi d'importantes modifications. Les résidus des digestions peptique et pancréatique sont en effet beaucoup plus considérables dans le cas des laits stérilisés, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

Digestion peptique. Résidu : Lait cru 0,154. Stérilisé 0,449.

Digestion pancréatique. Résidu : Lait cru 1,26. Stérilisé 2,596.

Mais ces altérations se produisent moins si l'on se contente de porter le lait à 68°, température suffisante, d'après l'auteur, pour rendre innoffensifs les micro-organismes, surtout si l'on prend la précaution de neutraliser l'acidité du lait avant le chauffage.

Le Dr Davis, qui a étudié la question au point de vue clinique, se montre encore plus sévère. Pour lui, le lait stérilisé employé seul et tel qu'il est préparé, constitue une nourriture insuffisante, qui peut être utile dans les cas d'entérite aiguë, mais à la condition de ne pas en prolonger l'usage unique.

Cette contribution à l'étude du lait stérilisé est intéressante, mais, à notre sens, encore insuffisante pour imposer une conclusion pratique.

L. O.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

(*La plupart des Académies et Sociétés savantes, dont la* **Revue** *analyse ordinairement les travaux, sont actuellement en vacances.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 31 août 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **P. Serret** : Sur une propriété d'involution commune à un groupe plan de cinq droites et à un système de neuf plans. — M. **Bosscha** s'est occupé de déterminer le degré d'exactitude que possède le mètre international comparé au prototype des Archives. Il s'est assuré d'abord que ce prototype, dans son état actuel, est susceptible de fournir une mesure de longueur invariable à un demi-millionième près; quatre systèmes d'observations, en effet, entièrement indépendants les uns des autres, qui avaient pour objet de déterminer la différence de longueur entre l'un des mètres nationaux et le mètre des Archives, ont donné quatre valeurs dont aucune ne s'écarte de $\frac{\mu}{2}$ de la moyenne. Quant au mètre international, les comparaisons faites de sa longueur avec celle du mètre des Archives à diverses températures ne permettent pas d'établir entre ces longueurs à 0° une comparaison rigoureuse; pourtant on peut admettre, conformément aux conclusions de la Commission Néerlandaise, que le mètre international est trop court. — M. **G. Faurie** donne deux formules destinées à exprimer les lois de l'écrouissage et des déformations permanentes; il a déterminé pour quelques cuivres et alliages de cuivre les constantes de ces formules. — M. **J. Léotard** : Observation de la comète Wolf.

2° Sciences naturelles. — M. **Ad. Chatin**, en présentant à l'Académie le dernier fascicule de la partie de son *Anatomie comparée des végétaux* relative aux espèces parasites (Phanérogames), rappelle l'origine de ses recherches dans cette branche de la botanique, les principaux résultats qu'il y a obtenus, l'importance qu'elle a acquise par la suite, et le rôle qu'elle joue et qu'elle est appelée à jouer encore dans la taxonomie. *Mémoires présentés.* — M. **G. Trouvé** soumet au jugement de l'Académie une : « Etude sur un nouveau système de navigation avec pile à l'eau de mer. » — M. **E. Nadalon** adresse la description d'un instrument qui permettrait d'évaluer le diamètre d'une tige à $\frac{1}{100}$ ou $\frac{1}{200}$ de millimètre près.

Séance du 7 septembre

1° Sciences mathématiques. — M. **E. Picard** : Sur le nombre des racines communes à plusieurs équations simultanées. — M. **E. Cosserat** : Observations de la planète Palisa (1891, août 30), faites à l'Observatoire de Toulouse. — M. **P. Tacchini** adresse le tableau de la distribution en latitude des phénomènes solaires observés à l'Observatoire royal du Collège romain pendant le premier semestre 1891; les protubérances ont été plus fréquentes dans l'hémisphère austral, comme en 1889 et 1890, avec le maximum de fréquence toujours dans les zones $\pm 40° \pm 50°$, tandis que les taches ont conservé leur grande prédominance au nord de l'équateur, comme les facules; tous les phénomènes présentent une fréquence très faible au voisinage de l'équateur solaire. — A propos des communications faites récemment à l'Académie sur le mouvement des protubérances solaires, M. **Fizeau** remarque que ces mouvements sont d'une vitesse telle qu'il importe au plus haut degré, lorsqu'on applique le principe du déplacement des raies par le mouvement du corps lumineux, de tenir compte de l'aberration. Examinant ces mouvements quant à leur nature, M. Fizeau fait observer que les raies de l'hydrogène, dans les laboratoires, n'apparaissent jamais que sous des influences électriques; d'autre part, que l'aspect des protubérances solaires, avec leurs changements rapides de forme et d'éclat, leur apparence rubanée, ondulée, interrompue, rappelle les aurores boréales; à ce point de vue, on doit considérer les apparences lumineuses des protubérances, non comme dues à des transports de matière, mais comme résultant de la propagation non instantanée de phénomènes électriques à travers des masses gazeuses.

2° Sciences physiques. — M. **P. Henry** a réalisé la synthèse directe des alcools primaires à partir de l'alcool méthylique, en faisant réagir les composés organozinciques sur les éthers méthyliques simples monochlorés; le rendement est presque théorique. — A propos de la communication récente de MM. Fouqué et Michel Lévy, sur la reproduction de certains éléments des granites, M. **H. Le Chatelier** indique une théorie générale des conditions de la cristallisation, en partant de laquelle il a institué des expériences pour reproduire les différents minéraux. Le principe consiste à produire sur des matériaux qui, à la pression ordinaire, donnent après fusion une masse vitreuse, une pression considérable à la faveur de laquelle la masse fondue doit cristalliser en se refroidissant. Les expériences ont porté sur des mélanges ayant la composition du feldspath orthose et de la pegmatite, comprimés entre deux cylindres d'acier à 5 000 atmosphères et fondus par une spirale de platine incandescente; elles n'ont point encore donné de résultats positifs, faute d'avoir pu prolonger le refroidissement au-delà de quelques minutes.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Chauveau** a obtenu la fusion des sensations chromatiques perçues isolément par chacun des deux yeux, en superposant au moyen du stéréoscope deux surfaces égales teintées de deux couleurs différentes; l'expérience réussit le mieux avec une lumière faible ou avec un éclairage instantané. — M. **S. Arloing** a constaté que le Staphylocoque doré sécrète une substance soluble qui produit chez l'animal, auquel on l'injecte, une excitabilité particulière des centres vaso-dilatateurs; cette excitabilité est facile à constater au moyen de deux excitations égales du nerf de Cyon, avant et après l'injection des produits de culture; la seconde réponse est plus intense et plus prolongée que la première. Cet état des centres est nécessaire pour la formation du pus par l'action du microbe. — M. **P. Lesage** a observé la formation d'amidon dans la racine du radis, qui, normalement, n'en contient point, après des arrosages avec de l'eau contenant une certaine proportion de sel marin; un excès de sel empêche cette production d'amidon.

Mémoires présentés. — M. **P. Masson** adresse un projet de dispositif destiné à éviter les collisions entre les trains de chemin de fer. — M. **C. Zalikiewicz** adresse une note concernant la réforme du service télégraphique. — M. **L. Mignot** adresse une note concernant l'emploi de la potasse pour la destruction du Phylloxera et la régénération de la vigne. — M. **Pigeon** adresse diverses notes concernant l'emploi thérapeutique de l'air ozonisé, la production des épidémies de choléra et la transmission de diverses maladies par la

vaccination. — M. **Paquelin** adresse une réponse aux observations présentées par M. Manuel-Périer, concernant la nouvelle disposition de son thermo-cautère. — M. **Ch. Zurcher** adresse une note intitulée : « Recherche de la loi de succession des nombres premiers. » — M. **Pimpar** adresse une note sur un projet d'appareil destiné à la transmission de la vision à distance.

L. LAPICQUE.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 25 août 1891.

M. **A. Béchamp** : Considérations sur les méthodes actuelles de l'analyse du lait, sur les matières extractives de cette humeur et sur les substances réductrices du réactif de Fehling, autres que le lactose, qu'elles contiennent.—M. **Lucas-Championnière** : Cure radicale des hernies. Depuis sa première cure radicale de hernie non étranglée, l'auteur a fait deux-cent-cinquante-quatre opérations de ce genre, sur lesquelles il n'y a eu que deux morts. L'un de ces derniers était dans des conditions détestables, et l'autre a succombé sans que M. Lucas Championnière en ait été prévenu. L'opération a réussi sur une femme de cinquante et un ans, pesant 100 kilogs, ayant une hernie ombilicale de 78 centimètres de tour à sa base; sur une femme ayant une hernie inguinale descendant au genou, etc... L'opération, difficile en elle-même, réussit si la méthode employée est bonne. On peut affirmer que la cure radicale doit être aujourd'hui la règle, mais avec les réserves suivantes : L'opération n'est pas à conseiller chez les très jeunes enfants. Chez le vieillard, l'opération est dangereuse. Même chez le sujet ayant dépassé la quarantaine, il faut être prudent. De sept à quarante ans, au contraire, on peut opérer toutes les hernies, tous les sujets voulant se passer du bandage, etc. Il n'y a de réserves à faire que si les sujets sont déjà malades ou si les parois abdominales sont mauvaises. La hernie inguinale congénitale doit être opérée sans exception. Enfin, chez la femme, dans des conditions de jeunesse suffisante, l'opération devrait être pratiquée sans exception puisqu'elle présente pour elle des bénéfices plus assurés, et la débarrasse de l'imminence d'accidents particulièrement graves. — M. **Guermonprez** (Lille) : Autoplastie de la main par désossement d'un doigt.

Séance du 1er Septembre.

M. **Tholozan** : La grippe en Perse en 1889-1890. Tout le Nord de la Perse a été envahi en 1889. La mortalité fut considérable. Quand cette épidémie eut disparu, à la fin de mars 1890, on observa des affections consécutives, névralgies, débilité, etc. La ville de Rècht fut atteinte en septembre 1889; Téhéran au mois d'octobre, et Ispahan à la fin du même mois. La maladie fut signalée au commencement de décembre 1890 à Méched. La grippe a d'abord atteint le littoral sud-ouest de la Caspienne et peu après la capitale de ce royaume. D'Ispahan pour atteindre Chiraz l'épidémie a mis environ deux mois, et de là pour se montrer à Bouchir, deux mois et demi. La propagation de ce fléau en Perse, a été lente et très irrégulière.—M. **Béchamp** : Considérations physiologiques sur les globules et les microzymas laiteux de laits de vache anormaux. Les microzymas sont l'unique cause des altérations spontanées carcatéristiques diverses du lait. Les microzymas, dans les laits anormaux présentés, sont eux aussi anormaux par leur abondance et leur ténuité. — M. **Polaillon** : Note sur un procédé de palatoplastie en deux séances. L'auteur présente des malades opérés par son procédé, lequel consiste à faire, dans une première séance, deux incisions latérales et à décoller la muqueuse jusqu'à la perforation en rasant les os avec soin. L'écoulement du sang est arrêté par la compression. Le lendemain ou surlendemain on fait l'avivement et la suture.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

Séance du 17 juillet 1891

M. **Jouffroy** s'occupe des *conditions économiques actuellement réalisables dans la machine à vapeur*. De ses calculs, établis par la méthode directe de décompte des calories, il déduit qu'une machine munie d'une enveloppe, avec des parois sans masse et un réchauffement intermittentr, éaliserait le rendement maximum. En appelant puissance théorique de l'enveloppe la quantité de chaleur nécessaire pour empêcher toute condensation pendant la détente, on peut calculer l'utilisation de cette puissance. Si, pour une machine à cylindre unique, le nombre ainsi calculé est critiquable, il est, au contraire, légitime pour une machine à quadruple expansion, ce qui est précisément le cas de la machine marine étudiée par M. Jouffroy : on peut y admettre une utilisation égale à 60 0/0 de la puissance théorique. De là résulte que, pour une machine à condensation, recevant la vapeur à une pression de 11,5 atmosphères, la consommation de charbon peut descendre au-dessous de 0 k. 600 par cheval. Pour diminuer encore la consommation, il faudrait augmenter la pression initiale. Cette communication et l'étude du rendement théorique maximum des machines à vapeur donnent lieu à une intéressante discussion entre MM. **Casalonga**, **Salgués** et **Richard**.

Séance supplémentaire du 24 juillet

M. **Chaudy** expose de *nouvelles méthodes pour le calcul de différentes poutres* : 1° Pour les poutres armées, il tire la valeur de la tension du câble inférieur qui relie les extrémités de la poutre rigide, d'une équation du premier degré obtenue en évaluant de deux manières différentes l'allongement de ce câble. De la tension ainsi obtenue, il est facile de déduire les réactions des contrefiches réunissant le câble et la poutre rigide, et, par suite, les moments fléchissants produits dans cette poutre. Cette méthode s'applique aux ponts à tablier rigide en remarquant que, — dans ce cas, — il faut calculer la tension pour les différents brins; 2° Pour le calcul des poutres continues reposant sur n appuis, M. Chaudy obtient les réactions inconnues en écrivant, outre les deux conditions ordinaires d'équilibre, $n-2$ deux équations basées sur la formule du travail de flexion; 3° En déterminant préalablement par la statique graphique les déplacements élastiques, il applique la méthode analytique indiquée pour les poutres continues droites, par M. Bertrand de Fontviolant, aux poutres continues en arc s'arcboutant, aux arcs avec points d'appui intermédiaires, et aux arcs ou aux systèmes d'arcs reliés à des poutres continues. — M. **Hinstin** traite *des droits de douane, au point de vue industriel*. Il signale l erreur des théoriciens pour qui le commerce et l'industrie ne font qu'une seule et même chose : il n'y a pas seulement en présence le producteur et le consommateur; mais le prix que le consommateur paie un produit est augmenté considérablement, doublé souvent, par le bénéfice de l'intermédiaire et par les frais de transport : la surcharge qui résulte d'un droit de douane est bien faible vis-à-vis des précédentes. Il faut également distinguer entre les deux sortes de bénéfices : bénéfice brut et bénéfice net. Un droit de douane bien appliqué peut, tout en maintenant la concurrence, faire revenir le bénéfice net en France et repasser le brut à l'étranger. En somme, il est bon d'avoir des droits modérés qui, sans élever le prix des marchandises au profit de quelques industriels, permettent au travail national de se développer. Pour fixer ces droits, il faudrait que les Comités et les chambres consultatives fissent dans leur sein une grande place aux ingénieurs et aux industriels. — M. **Polonceau** considère ces questions de protection ou de libre échange comme un marchandage entre les divers Etats. Au point de vue des transports, il rappelle que les Compagnies ont des tarifs communs avantageux; il souhaite aussi voir suivre le

système employé en Autriche, où les négociants proposent leurs prix aux Compagnies de chemin de fer. — MM. **Coignet** et **J. Fleury** sont partisans du libre échange. Les droits exagérés ralentissent les progrès de l'industrie. D'ailleurs, la France n'a pas d'intérêt à se fermer; elle importe trois fois moins de produits fabriqués qu'elle n'en exporte; elle a tendance à l'expansion. Ce qu'il faut chercher à faire est d'abaisser le prix de revient : c'est le rôle de l'ingénieur.

P. JANNETTAZ.

SOCIÉTÉS MARITIMES SCIENTIFIQUES

INSTITUTE OF MARINE ENGINEERS

Session 1891

M. W. Wilson : *Sur les progrès des machines marines.* Les progrès accomplis récemment dans la construction des machines sont tels que malgré la complication des organes qui a crû sans cesse, et la puissance qui a quadruplé depuis vingt ans, le personnel de la chambre des machines n'a pas eu besoin d'être sensiblement augmenté. M. Wilson, ingénieur en chef de la Compagnie Péninsulaire Orientale, expose dans ce travail ceux de ces progrès qui peuvent être considérés comme consacrés par la pratique, et qui indiquent par suite l'ordre d'idées à suivre pour réaliser désormais de nouveaux progrès. Les anciens ressorts des pistons exerçaient sur les parois du cylindre une pression énorme, donnant lieu à un frottement exagéré, et entraînant une usure et des réparations incessantes des garnitures, ainsi que le changement des ressorts eux-mêmes dont les cassures étaient fréquentes. On n'avait alors en vue que l'étanchéité. Aujourd'hui on emploie surtout des garnitures flottantes. L'anneau Ramsbottom paraît donner jusqu'ici les meilleurs résultats. Pourtant il est moins efficace dans les cylindres à basse qu'à haute pression. Il suffirait donc d'appliquer aux bagues de légers ressorts à boudin ne faisant que contrebalancer la raréfaction à l'intérieur des logements, qui tend à détacher les bagues du cylindre. Les tiroirs doivent être bien équilibrés; parmi les plus récents, le tiroir Church se recommande spécialement. Les distributeurs à soupapes ont l'avantage de supprimer les glaces dont le dressage exige des soins minutieux, ainsi que les plaques frottantes du tiroir. D'importants perfectionnements sont : l'emploi des graisseurs automatiques à réglage, et à débit visible; la substitution des huiles minérales qui n'attaquent pas le métal et ne donnent pas d'empâtement, aux huiles végétales dont les nombreux inconvénients sont connus. — On a compris dans le montage de la ligne d'arbres tout l'intérêt d'un ajustage exact, et l'utilité des larges portées pour la diminution des frottements et grippements. Aussi le besoin d'arrosage se fait-il de moins en moins sentir, ce qui restreint les chances de rupture. Cependant les excentriques n'ont pas encore une surface de portage suffisante; aussi donnent-ils lieu à de fréquents échauffements et à une usure rapide, et ce sont les parties qu'on est le plus obligé d'arroser. Le meilleur moyen consiste à placer au dessous une cuvette remplie d'huile et d'eau douce mélangées, où l'excentrique plonge à chaque tour. On a également augmenté la surface des paliers de butée. La butée à anneaux indépendants semble donner les meilleurs résultats. Dans cette disposition, la poussée de chaque collet de l'arbre est reçue par une semelle spéciale, ou anneau en deux parties, ayant son serrage distinct. C'est supérieur au système en fer à cheval, où les demi-anneaux supérieurs existent seuls. Les collets de l'arbre ne sont alors soumis au frottement que dans leur demi-révolution supérieure; dans l'autre, ils plongent dans un bain d'huile. Chaque moitié d'anneau peut être réglée séparément au moyen d'écrous, de manière à le faire porter exactement sur le collet correspondant. Mais il en résulte l'inconvénient que la poussée est supportée par ces écrous de réglage. Pour le graissage de la butée, on dispose à l'avant et à l'arrière une cuvette demi-cylindrique. L'huile amenée vers l'avant par la rotation de l'arbre, retourne à l'arrière par un tuyau spécial. Les collets baignent ainsi dans l'huile dont la circulation régulière est assurée. Un désavantage qu'offre ce palier, c'est que la base n'est pas accessible, et l'on est obligé de soulever l'arbre pour nettoyer les cannelures, les gratter, et assurer un bon portage. L'auteur propose d'y remédier en faisant cette base en deux pièces longitudinales réunies dans l'axe. Les derniers progrès des chaudières sont dus aux soupapes de sûreté à ressort, telles que les soupapes Adams et Cockburn; aux robinets à garniture d'asbestos; aux évaporateurs et réchauffeurs d'alimentation, aux pompes alimentaires de Weir, dont l'emploi se généralise de plus en plus. M. Wilson conseille dans les grands navires à passagers l'emploi d'un condenseur supplémentaire avec pompe à air et pompe d'alimentation, desservant les guindeaux et les autres appareils à vapeur auxiliaires, si nombreux aujourd'hui à bord de ces bâtiments. L'eau de condensation retourne aux chaudières. Il recommande enfin l'usage de ringards mécaniques.

NORTH EAST COAST INSTITUTION OF ENGINEERS AND SHIPBUILDERS

Session 1891

M. W. Hök : *Sur l'Insubmersibilité des navires de commerce* (2e mémoire)[1]. — M. Hök rappelle que, dans un précédent mémoire, il a établi l'insuffisance de la subdivision actuellement pratiquée par les constructeurs, avec la sanction même du Lloyd. On n'a fait à son travail que des objections d'ordre économique. Cependant, ces objections mêmes sont fort exagérées, car la suppression des sinistres si nombreux dus aux abordages compenserait largement pour la prospérité générale l'augmentation de dépense résultant de la complication du chargement et de l'arrimage. L'objet du présent mémoire est d'indiquer les subdivisions nécessaires aux diverses catégories de navires. On verra d'ailleurs que ces subdivisions sont parfaitement pratiques. On peut cloisonner un navire dans le sens transversal, longitudinal ou horizontal. L'auteur s'occupe uniquement des cloisons étanches transversales, qui n'ont pas l'inconvénient, comme les longitudinales, de forcer le navire à prendre de la bande, ou comme les horizontales, d'être fatalement endommagées par la collision. En outre, les cloisons transversales sont moins coûteuses, et contribuent à la solidité. De même que dans son premier mémoire, M. Hök fait plusieurs hypothèses sur les conditions d'insubmersibilité qu'il entend assurer au navire. Puis il détermine pour chaque catégorie la distance maxima des cloisons étanches compatible avec ces conditions. Les résultats sont consignés dans une série de tableaux. Le premier indique pour chaque longueur et chaque type de navire le nombre des cloisons nécessaires en dehors des deux (voiliers) ou des quatre (vapeurs) cloisons fondamentales. Il donne lieu à des remarques intéressantes. Pour les spardecks, il suffit, dans tous les cas, d'établir une cloison à l'avant et une autre à l'arrière. Pour les awning-decks (navires à pont-abri), il faut, en certains cas, ajouter jusqu'à trois cloisons à l'arrière, deux à l'avant, et deux dans le compartiment des ma-

[1] Les deux Mémoires de M. Hök sur l'insuffisance du cloisonnement des navires et la nécessité d'y remédier empruntent un surcroît d'intérêt à ce fait qu'au moment où ils étaient lus à l'Institut de N. E. Coast, le Board of Trade était occupé à rédiger un règlement sur les cloisons étanches. Ce règlement vient de paraître et sera prochainement soumis au Parlement anglais, pour servir de base à des mesures législatives complétant le *Merchant Shipping Act*. Bien que plusieurs de ses dispositions soient discutables, on ne peut que rendre hommage à l'esprit qui l'a inspiré. L'œuvre du Board of Trade corrobore les conclusions de M. Hök, et leur donne la juste sanction que réclament les progrès de la science qui ont pour but la sauvegarde de la vie humaine.

chines et chaudières. Les voiliers peuvent se contenter de trois cloisons supplémentaires. D'après cela, on constate que sur les navires classés au Lloyd, 6 $^1/_2$ $^0/_0$ tout au plus, ayant six cloisons, *peuvent* être submersibles. Ce tableau montre encore qu'en élevant certaines cloisons plus haut qu'on ne le fait ordinairement, on pourrait restreindre leur nombre. Ainsi, dans les hurricane-decks, si toutes les cloisons montaient au pont supérieur, on n'aurait plus besoin d'ajouter que deux cloisons, une à l'avant, l'autre à l'arrière. On remarque que lorsqu'un nombre inégal de cloisons est exigé à l'avant et à l'arrière, c'est toujours à l'arrière qu'il en faut une de plus. Ceci est dû à la forme de la tonture qui s'y abaisse trop. Contrairement à la pratique, ce sont les plus petits navires que l'on devrait munir du plus grand nombre de cloisons, car le nombre dépend, non des dimensions absolues, mais du rapport du tirant d'eau au creux, rapport qui décroît quand la longueur augmente. L'application des règles découlant de ce tableau entraîne certaines difficultés; mais il est aisé de les surmonter. Ainsi l'établissement parfois exigé de deux cloisons dans l'espace des machines et chaudières serait absolument inadmissible. Mais les navires dont il s'agit sont soit de petits hurricane-decks, dans lesquels il suffirait de faire monter les cloisons jusqu'au pont supérieur pour se dispenser de toute cloison dans cet espace des machines; soit de petits vapeurs ayant des superstructures sur moins de 0.70 de leur longueur; et pour ce type, il suit de ce qui précède que leur tirant d'eau est trop fort, et qu'il y aurait lieu de reviser sur ce point les tables de franc-bord du Board of Trade. Le coefficient de finesse, le rapport de la longueur au creux, la tonture ont pour influence de modifier la position des cloisons plutôt que leur nombre. Cependant le tableau montre encore qu'il est possible, par un choix judicieux de ces éléments dans un projet de navire, de réduire parfois de un ou deux le nombre des cloisons additionnelles. — Un second tableau donne les positions absolues des cloisons par leurs distances comptées à partir de la perpendiculaire arrière, ainsi que les écarts maxima que l'on peut faire subir à ces positions. — D'autres tableaux indiquent les variations de longueur dont est susceptible l'espace réservé aux machines et chaudières, ainsi que les variations possibles des écartements des cloisons en fonction de la longueur du navire. Ils permettent par suite de faire les interpolations pour les coefficients de finesse intermédiaires entre 0,70 et 0,79, pour les proportions comprises entre 12 et 15 et pour des valeurs de la tonture comprises entre une fois et une fois et demie la tonture normale. M. Hök tire de cette étude les conclusions suivantes : Il est possible et pratique d'établir dans tous les navires un nombre de cloisons étanches suffisant pour leur garantir une flottabilité convenable lorsque l'un quelconque de leurs compartiments est en libre communication avec la mer. Pour cela, le tirant d'eau ne doit en aucun cas dépasser 0,92 du creux. Il y a lieu d'augmenter la tonture habituelle, surtout à l'arrière. Les cloisons doivent s'élever le plus haut possible, jusqu'au pont supérieur dans les hurricane-decks et dans plusieurs autres types de navires. L'espace réservé aux machines et chaudières doit parfois être subdivisé; mais jamais plus d'une cloison n'est nécessaire. Tous les navires ont besoin d'au moins deux cloisons supplémentaires; les voiliers en demandent deux ou trois selon leur longueur. La cloison d'abordage pourrait avec avantage être reculée quand il n'y a pas de cargaison dans la cale avant. L'observation des règles précédentes réduirait dans de fortes proportions le nombre considérable de sinistres dus au défaut de cloisons étanches sans porter atteinte aux intérêts des armateurs. Ces prescriptions ne sont d'ailleurs qu'un minimum au point de vue de ce qui doit être fait pour la sécurité de la vie humaine. M. Hök rend hommage en terminant aux efforts tentés dans ce sens par le *Bureau Veritas*, qui a créé dans son registre une marque spéciale pour les voiliers munis d'un certain nombre de cloisons additionnelles. L. Vivet.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

Séance du 1er août 1891.

Sciences naturelles. — L'Académie a entendu dans cette séance l'une des communications les plus intéressantes qui lui aient été faites depuis longtemps, et que nous croyons devoir résumer d'une manière assez détaillée. M. L. Errera a fait un grand nombre d'expériences sur l'*action physiologique à distance*, découverte par Elfving, de certains agents sur les plantes. Il a opéré sur le *Phycomyces nitens* et dans des conditions très variées. Les résultats qu'il a obtenus sont très nettement représentés sur des photographies qu'il fait circuler parmi ses confrères, et dont la plupart seront annexées à son travail. La conclusion remarquable de celui-ci est que tous les phénomènes observés sont simplement hygroscopiques et n'appellent nullement l'intervention d'autres forces plus ou moins obscures, comme certains botanistes l'avaient cru nécessaire. La plupart des organes végétaux en état de croissance sont sensibles à l'excitation de certains agents extérieurs et y répondent par des courbures. On connaît, à cet égard, les phénomènes de géotropisme, d'héliotropisme, d'hydrotropisme, d'haptotropisme, etc. Mais des faits très curieux, décrits récemment par le botaniste finlandais Elfving, semblaient ne rentrer dans aucune des catégories connues et l'ont conduit à supposer l'existence d'une force spéciale qui se manifeste par son action physiologique à distance. Il a vu que le fer et, à un moindre degré, le zinc et l'aluminium, ainsi que diverses matières organiques, telles que la cire à cacheter, la colophane, les racines vivantes, exercent une attraction sur les filaments en voie de croissance d'un petit champignon, le *Phycomyces nitens*. Tous les autres métaux essayés sont restés inactifs, tandis que les cultures de *Phycomyces* manifestent, au contraire, les unes sur les autres, une action répulsive. Après avoir donné un aperçu des phénomènes d'hygroscopicité et en avoir proposé une classification rationnelle, M. Errera montre qu'ils permettent de ramener à de l'hygroscopicité la prétendue action physiologique à distance. L'agent inconnu qui occasionne la répulsion du *Phycomyces* sur lui-même, aussi bien que l'attraction du fer ou de la cire à cacheter, n'est autre, en effet, que la vapeur d'eau : le *Phycomyces* se courbe vers les corps qui attirent l'humidité et s'écarte de ceux qui en émettent. M. Errera explique comment il se fait que ces expériences, dues à des différences d'humidité, réussissent même dans une atmosphère saturée, et il confirme ses conclusions par des expériences de contrôle sur les racines. Sans entrer dans les détails, on peut ajouter que la sensibilité hydrotropique du *Phycomyces* est si grande qu'elle a permis de prédire l'existence d'hygroscopicité chez un corps, tel que le camphre, où elle n'avait pas encore été constatée. Enfin, l'ensemble de ses observations a amené l'auteur à une façon quelque peu nouvelle d'envisager la sensibilité des organismes vis-à-vis de l'humidité ambiante. — M. Mourlon fait une communication sur la prédominance des dépôts de l'éocène supérieur asschien dans la région comprise entre la Senne et la Dyle. Le savant géologue a élucidé, dans ses levés, plusieurs points restés douteux, même depuis la publication de la carte et des notes de Dumont, et au sujet desquels l'Académie avait en vain mis une question au concours pour 1890.

F. F.
Membre de l'Académie.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier

Paris.— Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.